FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

ANNÉE 1963 No 66

THESE

PRÉSENTÉE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

MICHELS André

Né à STRASBOURG

le 5 Février 1938

Ancien Externe des Hôpitaux de Strasbourg

PATHOLOGIE PROFESSIONNELLE LIÉE AUX UTILISATIONS MÉDICALES DES RADIATIONS IONISANTES

Président: Mr A-J. CHAUMONT, Professeur

FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

ANNÉE 1963 No 66

THESE

PRÉSENTÉE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

MICHELS André

Né à STRASBOURG

le 5 Février 1938

Ancien Externe des Hôpitaux de Strasbourg

PATHOLOGIE PROFESSIONNELLE LIÉE AUX UTILISATIONS MÉDICALES DES RADIATIONS IONISANTES

Président: Mr A-J. CHAUMONT, Professeur

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

FACULTE DE MEDECINE DE STRASBOURG

	MM
Doyen	FONTAINE
Doyen Honoraire	CALLOT
Assesseur	CALLOT

PROFESSEURS TITULAIRES

Anatomie	MEYER
Anatomie Pathologique	N...
Biologie Médicale	KLEIN
Chimie Biologique	MANDEL
Embryologie	CLAVERT
Histologie	ARON M.
Histologie	ARON Cl.
Hématologie	WAITZ
Hygiène et Bactériologie	TULASNE
Médecine Légale et Médecine Sociale	CHAUMONT
Parasitologie et Médecine Tropicale	CALLOT
Pharmacologie et Médecine Expérimentale	SCHMID
Physiologie	KAYSER
Physiologie Appliquée	METZ
Physique Biologique	CHEVALLIER
Clinique Chirurgicale A	FONTAINE
Clinique Chirurgicale B	WEISS
Clinique Médicale A	WARTER
Clinique Médicale B	STAHL
Clinique Dermatologique	WORINGER
Clinique de Pédiatrie et Puériculture	SACREZ
Clinique Neurologique	THIEBAUT
Pathologie Nerveuse et Electroencéphalographie	ROHMER
Clinique Gynécologique et d'Accouchement	BURGER
Clinique Ophtalmologique	NORDMANN
Clinique Oto-Rhino-Laryngologique	GREINER
Chaire de Clinique de Pneumo-Phtisiologie	OUDET
Clinique Psychiatrique	KAMMERER
Pathologie Chirurgicale	JUNG
Chaire de Thérapeutique	METZGER
Chaire d'Electro-Radiologie	GROS
Pathologie Expérimentale	STEPHAN
Stomatologie	VEDRINE
Hydrologie	N...

PROFESSEURS SANS CHAIRE

Physiologie	MARX
Anatomie	WINCKLER
Anatomie Pathologique	LE GAL
Hygiène et Bactériologie	MINCK
Histologie	MARESCAUX
Hématologie	MAYER G.
Biologie Médicale	KARLI
Anatomie Pathologique	BATZENSCHLAGER
Anatomie Normale	KORITKE
Chimie Biologique	WEILL J.D.

MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

MM. APROSIO
CHAMBON
CHAMBRON
ISCH
KIRN
LAVILLAUREIX
SCHAFF
SCHNEEGANS
WARTER P.

A G R E G E S

MM. BOCKEL
BOLLACK
BRONNER
BURGHARD
CHAMPY
DORNER
FINCKER
FRANK
GANDAR
GRENIER
HOLLENDER
ISRAEL
JAHN
JUIF
KIENY
KLOTZ
LEVY J.M.
MANTZ
MARCOUX
MEHL
MULLER J.N.
MULLER P.
SCHWARTZ
WEILL J.P.
WITZ
SIBILLY

AGREGES LIBRES

MM. BUCK, FORSTER, KUHLMANN D., KUNTZMANN, VOEGTLIN, BEYER.

DIRECTEUR DE L'INSTITUT DENTAIRE

M. VEDRINE

CHARGES D'UN COURS D'ENSEIGNEMENT COMPLEMENTAIRE

MM. MATHIS, MEHL J., MOISE, MUGLER A., SINGER, TISSIER, Mme MAYER S.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. BARRE
BENOIT
HANNS
REDSLOB
ROHMER
ROEDERER
VAUCHER
VINTEMBERGER

La Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ni les approuver, ni les improuver.

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des maîtres de cette école, de mes chers condisciples, je promets et je jure au nom de l'Etre Suprême d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les moeurs, ni à favoriser les crimes.

Respectueux et reconnaissant envers mes maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis resté fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

A MES PARENTS

A MA FEMME

MEIS ET AMICIS

A LA MEMOIRE DE MON MAITRE LE
PROFESSEUR C. SIMONIN

A LA MEMOIRE DE MON MAITRE LE
PROFESSEUR L. FRUHLING

A NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur A.J. CHAUMONT

Directeur de l'Institut de Médecine Légale
et de Médecine Sociale.

Il nous a fait le très grand honneur
d'accepter la présidence de cette thèse.
Qu'il nous permette de lui exprimer
nos sentiments de reconnaissance et
qu'il veuille bien accepter l'assurance
de notre profond respect et de notre
vive admiration.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGREGE J.P. WITZ

Chirurgien des Hôpitaux

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGREGE F. MARCOUX

Médecin-Inspecteur Divisionnaire du Travail
et de la Main-d'Oeuvre

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGREGE J. MEHL

que nous remercions de l'intérêt
qu'ils nous portent en nous faisant
l'honneur de juger ce travail.

A NOS MAITRES DE LA FACULTE DE MEDECINE
DE STRASBOURG

A MONSIEUR LE DOCTEUR M. DESBROSSES

Chargé du Service de Médecine Préventive
des Hospices Civils de Strasbourg

qui nous a aidé et fait profiter de ses connaissances dans l'élaboration de ce travail. Nous l'en remercions très sincèrement et le prions d'agréer l'hommage de notre profond respect.

I N T R O D U C T I O N

De nos jours l'utilisation des radiations ionisantes prend une importance sans cesse croissante, tant dans le domaine industriel qu'en médecine. Le danger qu'elles représentent était déjà connu au début du siècle quand elles furent employées pour la première fois en radiologie, bien que les modalités de leur action ne furent pas alors élucidées.

Nos connaissances actuelles de la physique, de la chimie et de la radiobiologie nous permettent de mieux comprendre les risques liés à l'utilisation de ces rayonnements, bien que plusieurs points restent encore obscurs.

La littérature médicale comporte un grand nombre de travaux consacrés aux dangers des radiations ionisantes. Cependant, en analysant ces publications on s'aperçoit, qu'en ce qui concerne les utilisations médicales, les auteurs ont principalement en vue les dangers encourus par le patient.

Par contre, le risque professionnel du personnel médical et paramédical lié à des expositions répétées aux radiations, a été beaucoup moins étudié.

C'est pourquoi il nous a paru intéressant de consacrer le présent travail à un inventaire des connaissances actuelles dans ce domaine.

../..

Dans la première partie de notre exposé, nous rappellerons brièvement quelques données générales sur la physique, la physico-chimie des radiations ionisantes et la radiobiologie.

Dans une seconde partie, nous analyserons le risque encouru par le personnel exposé aux radiations ionisantes et tenterons d'en évaluer l'importance.

La troisième partie sera consacrée aux principes de la protection du personnel exposé : nous étudierons successivement les aspects techniques et médicaux des mesures préventives.

Enfin, la quatrième et dernière partie traitera des modalités de la réparation des maladies professionnelles dues aux radiations ionisantes.

CHAPITRE 1

GENERALITES

I. LES RADIATIONS IONISANTES : DEFINITION

Les radiations ionisantes sont des radiations qui arrachent des électrons liés aux atomes, électriquement neutres, et produisent sur leur passage des ions. Les électrons libérés peuvent à leur tour ioniser au cours de leur trajet d'autres atomes. Ces radiations sont, soit de nature électromagnétique, soit de nature corpusculaire.

- LES RADIATIONS ELECTROMAGNETIQUES ou photons sont caractérisées par leur longueur d'onde ; leur vitesse dans le vide est de 300.000 kilomètres par seconde. Ceux qui nous intéressent, en raison de leur pouvoir ionisant, dans le domaine médical sont les rayons X et les rayons gamma.

1º) Les rayons X sont généralement produits dans des tubes spéciaux, sous vide, au moyen du bombardement d'une cible métallique par les électrons émis par un filament chauffé ; ceux-ci sont fortement accélérés sous l'action d'un champ électrique.

2º Les rayons gamma sont émis par les corps radioactifs naturels, tel que le radium, ou par les radio-isotopes artificiels, tel que le cobalt 60, l'iode 131, le sodium 24, etc.

Le rayon gamma est analogue au rayon X, il en diffère simplement par sa longueur d'onde, qui est beaucoup plus petite (rayon X ; longueur d'onde comprise entre 12 et 0,06 Å ; rayon gamma : longueur d'onde de l'ordre du 1/100 Å). Ce rayonnement gamma est de ce fait beaucoup plus pénétrant, mais son ionisation spécifique est plus petite.

L'énergie des photons, en un point donné, est fonction de l'inverse du carré de la distance qui sépare ce point de la source d'émission ; en d'autres termes, leur intensité diminue très rapidement du fait de la distance. Signalons dès à présent que, dans la pratique, l'éloignement constitue un facteur important de protection.

Dans la matière, les rayonnements sont d'autant mieux absorbés que le corps traversé a un numéro atomique plus élevé, que sa densité est plus grande, et son épaisseur plus importante, d'où l'utilisation du plomb pour la fabrication d'écrans protecteurs.

A travers l'organisme humain, de telles radiations (par exemple des rayons X émis sous 200 kilowolts) perdent environ la moitié de leur énergie dans les cinq premiers centimètres de leur parcours.

../..

Les radiations donnent naissance au cours de leur trajet dans la matière à un rayonnement diffusé dont la longueur d'onde est souvent plus élevée que celle du rayonnement primaire, mais dont l'intensité est plus faible. C'est contre ce rayonnement diffusé, quoique peu intense, qu'il est le plus difficile de se protéger.

La densité d'ionisation dépend, en outre, de la longueur d'onde des rayons X ou des rayons gamma ; elle est d'autant plus faible que cette dernière est plus petite.

- LES RADIATIONS CORPUSCULAIRES comprennent principalement les rayons bêta, alpha et les neutrons.

1º) Rayons bêta - Ils sont constitués par des corpuscules élémentaires, les électrons, qui se déplacent à grande vitesse ; ils ont la masse la plus petite et une charge électrique négative qui a été choisie comme unité de mesure.

Propriétés - Leur parcours est sinueux, irrégulier, très court, de l'ordre du centimètre dans les tissus ; ils provoquent sur leur trajet l'ionisation des atomes rencontrés ; leur densité d'ionisation est plus grande ou au moins équivalente à celle des rayons X ou gamma. Ils se produisent dans la désintégration des substances radioactives naturelles ou artificielles ; leur expulsion se fait avec une énergie de l'ordre, en général du Mev, émise soit isolément, soit en même temps des rayonnements gamma.

../..

Leur absorption dans la matière est très grande : la peau, par exemple, les arrête.

Il existe des particules bêta à charge positive, les positrons, qui sont produites dans un ordre très limité de désintégrations nucléaires ; ils sont détruits très rapidement par la rencontre d'un électron ; il se produit une dématérialisation avec apparition de deux photons gamma de 2,50 Mev chacun.

2º) Rayonnement alpha - Les particules alpha sont des noyaux d'hélium comprenant deux protons, particules élémentaires ayant une charge unité égale à 1.800 fois la masse de l'électron, formant à elle seule le noyau de l'hydrogène et de deux neutrons, particules élémentaires dépourvues de charge électrique. Donc, les particules alpha ont une charge positive double, une masse atomique égale à 4, correspondant à environ 7.000 fois celle de l'électron. Leur production se fait au cours des transmutations de radio-élément naturel de la famille du radium, tel que le thorium.

Propriétés - Leur trajectoire est rectiligne dans l'air et les tissus, provoquant une ionisation très intense. Leur parcours est très réduit, de l'ordre de 5 millièmes de centimètre dans les tissus. Leur action biologique, très intense, est limitée au voisinage immédiat de la source ; de tels corps ne présentent donc de danger que par contamination interne.

../..

3º) Neutrons - Ce sont des particules élémentaires dépourvues de charges électriques et dont la masse est pratiquement égale à celle du proton. Electriquement neutres, ils ionisent la matière indirectement, soit par un choc élastique sur le noyau des atomes, soit par capture, c'est-à-dire par introduction du neutron dans le noyau des atomes, dont ils provoquent l'instabilité. Leur action est fonction de leur énergie, qui dépend elle-même de leur vitesse.
Il existe des neutrons lents et des neutrons rapides.

II. PROPRIETES PHYSIQUES

Les radiations électromagnétiques et les radiations corpusculaires sont, comme l'a démontré De Broglie, deux aspects différents de la même énergie et par conséquent les propriétés physiques et biologiques restent qualitativement comparables. Ces propriétés auxquelles nous avons déjà fait allusion sont principalement :

- l'absorption : le transfert d'énergie à la matière traversée dépend de la qualité de la radiation ; elle est d'autant plus intense que la longueur d'onde est plus grande. Elle dépend également de la quantité de matière traversée et de son numéro atomique.
- la diffusion se produit au cours du trajet dans la matière. Elle comporte deux aspects : la dispersion, qui est un simple changement de direction du rayon incident et l'effet Compton, modification qualitative du rayonnement avec expulsion d'électrons de recul hors de la matière absorbante. Le rayonnement diffusé aura donc une longueur d'onde plus grande que celui qui lui a donné naissance. L'effet Compton croît

../..

au fur et à mesure que la longueur d'onde diminue et prend toute son importance pour les rayons X durs et les rayons gamma.

Ce rayonnement diffusé latéralement ou en arrière, prenant naissance dans tout objet rencontré, est particulièrement important sous l'angle de la protection du personnel.

Parmi les autres propriétés des rayonnements ionisants, l'impression de la plaque photographique, le phénomène de fluorescence ne nous retiendront pas ici. Par contre, l'ionisation, phénomène fondamental de la radiobiologie, est à l'origine des accidents professionnels comme des applications thérapeutiques.

III. RAPPEL DE PHYSICO-CHIMIE BIOLOGIQUE

Il convient d'envisager avec plus de détails le phénomène de l'ionisation dans la matière organique.

Radiations ou corpuscules agissent par un processus physique identique qui est l'ionisation. L'absorption de l'énergie quantique du photon ou du corpuscule aboutit à l'éjection d'un électron avec, en conséquence, l'apparition d'une charge positive sur l'atome résiduel, et cela indépendamment de la combinaison des atomes dans la molécule.

../..

La biopathologie des radiations est dominée par les phénomènes d'oxydation provoqués par les agents oxydants : O, OH, O2, H2O2, qui sont libérés par l'ionisation ; ces éléments sont électivement nucléotoxiques ; les métabolites toxiques du cytoplasme n'interviennent que secondairement, lorsque leur taux de concentration est devenu suffisant pour qu'ils diffusent dans le noyau. Le noyau lui-même est d'autant plus vulnérable qu'il est plus riche en substance nucléaire, en nucloprotides.

La conception d'Ancel et de Vintemberger (1925) résume l'ensemble du phénomène cellulaire ; l'ionisation provoque les réactions chimiques nucléaires qui créent la radio-lésion. Celle-ci va demeurer latente jusqu'à ce que, par suite de l'évolution de la cellule, les facteurs des manifestations anatomiques et physiologiques deviennent favorables, soit donc, lors de la mitose, moment d'intense synthèse, (on retrouve ainsi la loi de Bergonié-Tribondeau, 1906). Selon l'intensité de l'ionisation et la vulnérabilité propre à la cellule, ces lésions aboutissent ou à la nécrose, ou, lors de la première mitose, à la formation de deux cellules non viables, par suite de la cassure des chromosomes et des chromatides de la cellule initiale, ou, plus tardivement encore, par le jeu des croisements successifs entre cellules portant des altérations chromosomiques, génétiques, à des cellules dont les mutations ont amené la non-viabilité. La lésion biochimique, si elle n'est pas modifiable en elle-même peut toutefois avoir ses effets atténués ou même effacés selon un processus de restauration qui, à l'échelle moléculaire,

../..

consiste soit en la neutralisation chimique des radicaux libres, soit en l'apparition d'une nouvelle liaison s'opposant à ce que la quantité de métabolite anormal initial puisse s'élever jusqu'à un taux toxique. Mais, même lorsque le processus de restauration l'emporte, il n'en subsiste pas moins la probabilité d'une liaison chromosomique susceptible d'aboutir à une mutation tardive qui sera toujours récessive.

C'est en passant du domaine cellulaire au domaine tissulaire qu'apparaît le caractère physique de l'ionisation. Son intensité est proportionnelle au carré de la charge électrique et inversement proportionnelle à la vitesse de la particule qui la provoque.

L'énergie quantique des rayons X ou gamma se dissipe en arrachant des électrons, par effet photoélectrique, par diffusinn Compton, par matérialisation. Ces électrons perdent leur énergie cinétique au cours des ionisations qu'ils provoquent jusqu'à ce que leur énergie ne soit plus que celle des électrons thermiques finalement captés par l'atome qui devient un ion de charge négative.

Ainsi, plus l'énergie quantique de la radiation sera élevée, plus longs seront les parcours des photons primaires et des électrons secondaires, et plus l'ionisation sera étendue dans l'espace, avec un maximum en fin de course lors de l'épuisement des énergies.

En d'autres termes, la densité d'ionisation, ou nombre d'ions formés par unité de volume, ou encore l'ionisation spécifique, c'est-à-dire le nombre de paires d'ions par unité de longueur de trajectoire, seront d'autant plus faibles que le quantum de la radiation sera plus élevé.

Un électron produisant une paire d'ion tous les 1.10^{-5} cm., il en résulte que sur un parcours de quelques millimètres ils ionisent un atome sur 1.000.

Les particules alpha ont un trajet beaucoup plus réduit : de l'ordre de quelques microns dans l'eau. Elles produisent par contre une paire d'ion tous les 1.10^{-8} cm. ; le diamètre d'une molécule étant du même ordre de grandeur, le corpuscule alpha a une ionisation spécifique considérable, portant sur la totalité des molécules rencontrées durant son court trajet.

IV. UNITES DE MESURE EN RADIOLOGIE

Les différentes radiations, corpusculaires et électromagnétiques, sont caractérisées par leur énergie, mais la petitesse des quantités en jeu les rend très malaisément appréciables. Ainsi recourt-on à un phénomène indirect, à savoir l'ionisation qui, elle, est facile à évaluer.

C'est ainsi qu'on a fixé l'unité de dose : le roentgen, quantité de radiation X ou gamma, telle que l'émission corpusculaire qu'elle produit dans 0,001293 g. d'air, crée dans l'air une quantité d'ions transportant une unité électrostatique de charge de chaque signe (0,001293 g. d'air correspond à 1 cm^3 d'air. lr. forme $2,08 \times 10^9$ paires d'ions dans 1 cm^3 d'air et correspond à l'absorpion de 84 ergs par gramme d'air, de 93 ergs par gramme d'eau). L'énergie absorbée dépend de la matière traversée et suivant la quantité de la radiation.

../..

Mais le roentgen n'est valable que pour les photons X ou gamma de quantum inférieur à 3 Mev ; la nécessité de généraliser l'unité de dose aux particules alpha, bêta et neutrons, aboutit au "rad".

Un rad est la quantité d'énergie cédée à la matière par les particules ionisantes qui correspond à 100 ergs par gramme de matière irradiée. (1 rad de rayons X correspond à la quantité d'énergie cédée par 1,08 r. dans 1 g. d'eau).

Les gamma des corps radio-actifs se définissent par le facteur K qui est la dose en r/heure à un cm. de distance d'une source supposée ponctuelle, émise par un millicurie de matière radio-active (pour le radium, K=8,4).

Le curie est la quantité de matière radio-active dans laquelle ont lieu $3,7 \times 10^{10}$ désintégrations par seconde.

Les applications biologiques ont conduit à établir entre les radiations et les corpuscules une échelle de mesure fixant les ordres de grandeur de leurs effets biologiques; ces valeurs définissent l'efficacité biologique relative (EBR), étroitement dépendante, évidemment, de la densité ionique des radiations. Le coefficient d'efficacité biologique relative est égale à 1 pour les rayons X et y dont l'énergie est comprise entre 0,1 et 3 Mev.

../..

La notion d'efficacité biologique relative E.B.R. conduit à définir une unité biologique, c'est le r.e.m. ou "roentgen équivalent man." 1 rem est la quantité d'énergie qui, absorbée par l'homme, produit un effet équivalent à 1 rad de radiation X ou y.

Autrement dit nous avons approximativement 1 rem = 1 rad = 100 ergs par gramme de tissu.

CHAPITRE II

LES RISQUES PROFESSIONNELS DU PERSONNEL

Compte tenu du risque général lié aux radiations ionisantes, la Commission Internationale de Protection contre les radiations ionisantes a envisagé au sein de la population la situation en trois catégories différentes de personnes :

- les sujets professionnellement exposés,
- une petite fraction de la population susceptible d'être exposée au risque dans un périmètre faisant l'objet d'un contrôle particulier,
- le reste de la population.

Nous nous intéressons ici uniquement à la première catégorie, et plus précisément aux personnes professionnellement exposées au cours des utilisations médicales des radiations ionisantes.

I. PERSONNEL EXPOSE

Il comprend toutes les personnes, qui de par leurs occupations habituelles, peuvent être exposées dans le domaine médical à des radiations ionisantes.

Nous aurons donc :

- le personnel affecté à des installations de radiodiagnostic,
- le personnel affecté à des installations de thérapie : RXthérapie, cobalt-thérapie, radium-thérapie, etc.

../..

- le personnel affecté aux services de conditionnement et d'utilisation des isotopes radio-actifs à des fins diagnostiques ou thérapeutiques.

Ces personnes appartiennent à des catégories professionnelles très diverses :

- médecins spécialisés en radiologie,
- médecins utilisant fréquemment ou occasionnellement des sources radioactives pour des examens complémentaires ou des examens systématiques,
- médecins et chirurgiens utilisant fréquemment ou occasionnellement les rayons X pour
  - le contrôle sous scopie de certaines opérations telles que réductions de fractures, mise en place de cathéters...
  - la recherche des corps étrangers opaques aux RX,
  - le contrôle sous scopie des insufflations de pneumothorax, de pneumo-péritoine ...
- aides radiologues,
- manipulateurs,
- infirmières des services de radiologie et d'isotopes.

Ainsi le nombre des personnes exposées aux radiations ionisantes et surveillées, dans un centre hospitalier de l'importance des Hospices Civils de Strasbourg s'élève à 127, sur un effectif total de près de 3.000 salariés, corps médical non compris.

Ces 127 personnes sont réparties dans différents services :

- nous trouvons, par exemple, treize personnes de cette catégorie dans une clinique chirurgicale,
- huit personnes seulement sont exposées habituellement aux radiations dans une clinique médicale.

../..

Il ne nous a pas été possible d'évaluer, même approximativement, le nombre exact des personnes occasionnellement exposées ; il s'agit surtout des médecins, mais il s'agit aussi d'infirmières et de personnel subalterne.

Nous avons vu, dans un chapitre antérieur, comment se produisent, sur le plan cellulaire, les désordres physico-chimiques imputables à l'ionisation. Comment sont-ils susceptibles de se traduire sur le plan clinique ?

II. EFFET DES RADIATIONS IONISANTES SUR LES DIFFERENTS TISSUS

L'étude de la pathologie professionnelle suppose une connaissance des principales lésions imputables aux radiations.

1. PEAU ET ANNEXES, LES RADIO-LESIONS CUTANEES

- L'érythème dû aux radiations est de connaissance classique ; on a proposé autrefois, comme unité de dose de rayons X, la dose-érythème. L'érythème n'apparaît qu'après un temps de latence ; tout au plus peut-on noter une légère cuisson locale pendant l'irradiation ; c'est le "Früherythem" des auteurs allemands ; il est fugace et sans importance. Après deux ou trois semaines apparaît une réaction rosée. Elle évolue en ondes successives (MIESCHER) pour disparaître après quelques semaines. La peau est alors sèche, un peu rugueuse au toucher.

Après un temps de latence de plusieurs années, peuvent apparaître des réactions tardives : la peau s'est lentement modifiée. Elle est devenue pigmentée ou dépigmentée souvent atrophiée avec parfois un aspect télangiectasies.

../..

Un tel aspect peut persister toute la vie sans aggravation. Mais d'autres fois, on voit évoluer de telles lésions vers une radio-démite aiguë diffuse avec ulcération et nécrose possible. Le stade terminal de cette évolution est la cancérisation toujours possible sur de telles lésions. Ces réactions apparaissent après des doses supérieures à 600 - 800 r.

La dose de 600 - 800 r est dite dose de tolérance. Les réactions majeures que l'on peut observer pour des valeurs inférieures sont transitoires ; seule une pigmentation peut persister.

De 350 - 400 r.,les poils tombent, mais repoussent ultérieurement : c'est la dose d'épilation réversible.

En-dessous de 300 r., nous n'observons rien d'objectif au point de vue macroscopique : on parle de doses de latence clinique

Toutefois, une dose de 30 r. perturbe déjà les images histologiques : altérations du noyau, gonflement cellulaire, infiltration leucocytaire, tandis que des doses plus importantes ayant une traduction clinique entraînent souvent des images d'endartérite oblitérante, visibles au microscope.

La sensibilité aux radiations des différentes annexes de la peau est variable : nous observons une décroissance à partir des glandes sudoripares, en passant par les glandes sébacées, les glandes pilifères, les ongles, pour aboutir aux glandes mammaires.

Ces différentes radio-lésions cutanées ne retiendront pas spécialement notre attention, car elles sont en rapport avec de fortes doses d'irradiations exceptionnelles au cours des utilisations médicales sauf accident.

La radiodermite chronique des radiologistes sera envisagée ultérieurement.

2. SANG ET ORGANES HEMATOPOIETIQUES

Des doses de 1.500 à 2.000 r. produisent très rapidement (en trois jours) une dépopulation quasi totale de la moelle osseuse. A la macroscopie, la moelle rouge est remplacée par un tissu blanc jaunâtre, graisseux. Par contre la régénération est très rapide. La moelle épiphysaire est plus sensible que la diaphysaire.

Le système réticulaire et endothélial est relativement plus radio-résistant, surtout pour les lymphocytes et les macrocytes, les grandes cellules réticulaires, les histiocytes, mis à part.

Le nodule lymphoïde est d'abord altéré en son centre, et de là, les lésions se propagent vers la périphérie Mais, même après de fortes doses, on constate une bonne régénération.

L'appareil myéloïde, relativement sensible, met plus longtemps à se détériorer ; en contrepartie il se régénère moins vite. Les myéloblastes sont les plus sensibles ; suivent les éosinophiles, les basophiles, les myélocytes et enfin les granulocytes.

Le sang circulant, c'est-à-dire les cellules adultes, présentent une bonne résistance ; c'est pourquoi les altérations sanguines doivent surtout être considérées comme secondaires aux altérations médullaires. La diminution des lymphocytes est la plus apparente ; on la prend d'ailleur comme critère de l'irradiation aiguë. La valeur du chiffre des érythrocytes est peu influencée et reste le plus souvent stable.

La diminution du nombre des plaquettes elle aussi est très rapide.

L'exposition chronique aux radiations atteint électivement le système lymphocytaire. Pour des doses situées entre 50 et 100 mr par semaine, on assiste à une diminution du nombre des lymphocytes et à des altérations morphologiques telle que lymphocytes binucléés ou plurisegmentés.

Le nombre des granulocytes présente aussi une tendance à la diminution et nous observons souvent une déviation vers la gauche de la formule d'Arneth.

La résistance globulaire est fréquemment diminuée. Nous consacrerons un paragraphe à l'étude des altérations sanguines chez les radiologistes (voir page 24).

3. LES GONADES

Leur sensibilité est comparable à celle du tissu hématopoïétique.

On a pu observer chez l'homme une stérilité temporaire ; à plus fortes doses (1.000 r) s'installera une atrophie testiculaire ou ovarienne.

Le danger réside dans la transmission de tares à la descendance ; c'est ce que nous envisagerons dans le chapitre consacré au risque génétique.

Quant aux autres tissus, ils se situent généralement à des niveaux de sensibilité aux radiations bien plus élevés. Seules les doses très importantes, de l'ordre de celles utilisées en thérapie sont susceptibles d'y déterminer des lésions décevables. Ces organes et tissus, de ce fait, ne peuvent témoigner du risque dans l'utilisation médicale des radiations.

../..

Si des altérations cliniquement décelables sont actuellement exceptionnelles, il est arrivé fréquemment d'observer de telles lésions au début de l'ère radiologique.

Plus récemment, H. ZOBEL a rapporté une observation de ce genre : un assistant de radiologie, pour apprécier à la vue la qualité des rayons, mettait son petit doigt gauche faisant fonction de test derrière l'écran, donc dans le faisceau primaire.

Au bout de douze années, l'on devait constater au niveau de cet auriculaire une altération précancéreuse de la peau.

A la 32ème année on dut pratiquer l'amputation du doigt. Les lésions précancéreuses s'étaient transformées en cancer authentique du type épithélioma spino-cellulaire. Quelque temps après, des métastases ganglionnaires axillaires vinrent encore compliquer l'évolution qui aboutit à l'exitus par généralisation du cancer.

C'est là un cas de maladie professionnelle qui peut et doit être évité actuellement. Le risque professionnel proprement dit est, de nos jours, le risque chronique dû à l'accumulation de petites doses journalières, pendant toute la durée du travail. Ce risque n'est certes pas négligeable, mais il ne justifie plus la phobie des radiations née de la divulgation des premières observations dramatiques de l'ère des pionniers.

../..

III. HISTORIQUE

En 1895, EDISON et MORTON signalèrent pour la première fois des complications dues à l'emploi des rayons X ; il s'agissait en l'occurrence de conjonctivite.

En 1897, GOLDON décrivit des brûlures cutanées après emploi de rayons X. La même année, furent observées des douleurs abdominales avec diarrhées chez des personnes exposées aux radiations. Furent signalées dès cette époque des transformations malignes au niveau d'ulcérations cutanées secondaires à des irradiations.

En 1909, PATON signala les premiers cas de cataractes après traitement aux rayons X pour lupus. Le nombre de cataractes connues atteignit un chiffre total de 104 en 1914.

En 1911, HESS présenta un rapport comprenant 94 atteintes concéreuses chez des personnes professionnellement exposées aux rayonnements.

En 1914 fut déclaré le premier cas mortel d'anémie aplastique chez un radiologue. La victime présentait en outre une atrophie testiculaire.

Dès lors, de tous les pays furent signalés des cas de maladies professionnelles de symptomatologie variée.

Les premiers cas d'atteinte cutanée après emploi de radium furent rapportés par VOLKOFF, BECQUREL et CURIE en 1901 et par HALKIN en 1903.

Dans les années suivantes, les observations se multiplièrent ; bon nombre de cas aboutirent à la transformation maligne.

IV. LES RADIODERMITES PROFESSIONNELLES

On divise classiquement les radiodermites en trois catégories :

1. Les radiodermites aiguës, survenant moins d'un mois après l'exposition à de très fortes doses et pouvant aboutir à la radio-nécrose ;

2. Les radiodermites "chroniques", dans le sens de "tardives". Elles surviennent de deux à cinquante ans après l'irradiation, soit après irradiation massive, soit à la suite d'irradiations itératives, chacune d'elles dépassant 50 r. au niveau de la peau. Elles sont susceptibles de dégénérescence maligne après un stade d'ulcération.

3. Enfin, les radiodermites professionnelles, les seules qui nous intéressent ici.

Elles sont essentiellement constituées par l'atteinte des téguments des mains et des avant-bras. Le radiologiste par la palpation fréquente des régions explorées, le manipulateur de radiologie et le chirurgien qui effectue des réductions de fractures sous écrans, sont le plus fréquemment atteints. C'est ainsi qu'on a pu dire que "si l'ère de la radiodermite du radiologue est terminée, celle du chirurgien commence".

Les radiodermites ont fait l'objet de nombreux travaux américains depuis ALLEN PORTER ; des travaux français récents de LAGROT et G.C. SIMON et de CLAUDE DUFOURMENTEL leur sont consacrés.

Le siège de prédilection est la face dorsale des doigts ; il s'agit principalement de la main gauche et particulièrement des 2ème et 3ème doigts.

../..

Aux premiers stades, l'altération tégumentaire se manifeste par un érythème fugace, un léger épaississement de la peau, une sécheresse avec irritabilité particulière et tendance aux fissures. Les ongles sont striés. La confusion avec un eczéma chronique est possible à ce moment de l'évolution. En réalité, il s'agit déjà de radiodermite et l'éviction définitive s'impose. Il n'existe pas de traitement spécifique : on se contentera d'éviter les brossages, les bains prolongés et toute cause d'irritation des téguments lésés.

Dans un second stade, la peau et les glandes vont s'atrophier, les poils vont tomber, la peau devient sèche, mince, lisse, élastique ; de petites taches brunâtres apparaissent. Les empreintes digitales sont altérées, les ongles deviennent cassants. Puis apparaissent les télangiectasies, ainsi que les kératomes, constitués par des épaississements localisés de sclérose et d'hyperkératose, qui vont former une sorte de croûte, de corne ressemblant vaguement à une verrue. On les appelle les "Cailloux" des radiologues. Ils doivent être immédiatement biopsiés, car ils sont souvent des épithélioma en puissance, c'est-à-dire des tumeurs hyperplasiques,dotées d'un potentiel d'extension locale. Leur transformation maligne est imprévisible mais fréquente. Le traitement de choix de ces tumeurs est l'électrocoagulation minutieuse au fur et à mesure de leur éclosion.

Après des délais variables, de cinq à quinze ans, apparaîtra la radiodermite constituée, caractérisée par l'atrophie de la peau, les kératomes, les "taches de charbon" ou micro-thromboses veineuses et les petites ulcérations atones.

Ces lésions peuvent s'aggraver encore pour aboutir à la radio-nécrose, qui dénude les tendons.

Le stade terminal est l'épithélioma franc, de tendance plus ulcéreuse que bourgeonnante.

D'après DUPERRAT, cette dégénérescence survient aussi fréquemment sur les ulcérations que sur les kératomes, aussi bien en leur centre qu'à leur périphérie.

Trois types de dégénérescence sont possibles : dans l'ordre décroissant de fréquence on a constaté des épithélioma spino-cellulaires, des épithélioma baso-cellulaires et enfin très rarement des sarcomes.

Il semble exister une relation directe entre l'intensité de la radiodermite et la fréquence de la dégénérescence maligne.

La tendance à la multiplication locale du foyer malin est deux fois plus grande que pour les cancers spontanés.

L'épithélioma dû aux radiations donne rarement naissance à des métastases si l'on pratique à temps l'exérèse suivie de greffe ; ce n'est qu'en l'absence de traitement chirurgical que l'on verra se développer des métastases ganglionnaires épitrochléennes et axillaires.

V. LES ALTERATIONS SANGUINES

Rappel historique

Aux accidents cutanés d'abord signalés vinrent peu à peu s'ajouter des accidents sanguins qui, parmi les pionniers du radio-diagnostic, ainsi que de la radio et curiethérapie, firent de nombreux martyrs ; un nouveau chapitre de la pathologie professionnelle était ouvert.

../..

AUBERTIN, en 1912, appelait déjà l'attention sur les modifications du sang chez les radiologistes. Vint ensuite la mort du radiologue italien TIRABOSCHI, rapportée par GAVANEZZI en 1914.

Dès lors, les observations nouvelles s'ajoutèrent à ce cas princeps, montrant la double polarisation des accidents : les uns d'ordre déficitaire, comme les anémies aplastiques, l'agranulocytose, l'hypoplaquettose, les autres d'ordre hyperplasiques, comme les leucoses.

Altérations sanguines d'ordre déficitaire :

- anémie aplastique : AUBERTIN et BORDET rapportèrent les premiers cas en 1914 ; LARKINS en rapporte d'autres en 1921 et WEIL et LACASSAGNE en 1925.
- agranulocytose : ce fut encore AUBERTIN qui publia la première observation après exposition aux radiations.

Altérations sanguines d'ordre hyperplasique

- leucémies chez les radiologistes.

Les premiers cas furent signalés par AUBERTIN en 1911, puis par BECLERE, WEIL et LACASSAGNE. Ces leucémies étaient principalement du type myéloïce, rarement du type lymphoïde.

P.F. WEILL en 1937, rapporta des cas de cryptoleucémies.

Les accidents graves ne furent pas exceptionnels à l'ère des pionniers ; les rayons X en furent les principaux responsables ; toutefois la mort du médecin DOMINICI est à imputer au radium.

Depuis, de nombreux travaux expérimentaux sont venus apporter une confirmation et une explication, montrant l'action directe des radiations sur le tissu sanguino-formateur.

VI. LES RADIO-LEUCOSES

De nombreuses statistiques ont mis en évidence la fréquence élevée des leucémies chez les radiologistes.

MARCH (1950) trouve aux Etats-Unis, entre les années 1928 et 1948,que sur 65.922 morts survenues chez les médecins non radiologistes 334 sont dues à une leucémie (fréquence 10,5 %) alors que sur 299 décès de radiologistes, 14, soit 4,7 % sont dus à des leucémies.

Des objections s'élevèrent contre cette statistique alarmante. C'est ainsi qu'on fit les observations suivantes :

- la cause des décès chez les médecins non radiologistes n'a pu être précisée dans 25 % des cas, alors qu'il est probable que tous les cas de leucémie chez les radiologistes ont été signalés,
- la pyramide d'âge des deux groupes de médecins n'a pas été étudiée.

Dans le travail de DUBLIN (1948), qui porte sur les années 1938 à 1942 aux U.S.A., la distribution par âge est étudiée comparativement dans les deux groupes. La fréquence des leucémies est beaucoup plus élevée chez les radiologistes que chez les médecins d'autres disciplines, cependant la fréquence des cancers en général est à peine augmentée.

LEWIS trouve entre 1938 et 1952, 17 cas de leucémie chez 1850 radiologistes âgés de 35 à 75 ans. Cela correspond à une fréquence de 61 pour 100.000 par an. La fréquence attendue, en tenant compte de la même répartition par âge serait de 8 pour 100.000 habitants. La fréquence est donc augmentée d'environ huit fois.

../..

L'augmentation de la fréquence des leucémies chez les radiologistes paraît indiscutable, mais est plus difficile à établir. De plus, s'il est possible que les radiologistes morts de leucémie n'aient pas été plus irradiés que les autres radiologistes, il est également plausible qu'il se soit agi des sujets les plus exposés, et dans ce cas ils ne sont pas représentatifs de l'ensemble du groupe.

D'autres arguments plaident en faveur de l'existence des radio-leucoses :

- le nombre des leucémies chez les enfants irradiés pour hypertrophie thymique est augmenté de plus de dix fois,
- on note également une augmentation certaine après irradiation pour spondylarthrite ankylosante,
- l'augmentation de fréquence des leucémies est significative chez les survivants d'Hiroshima et de Nagasaki.

Il est donc établi

- qu'un certain nombre de leucémies est imputable à des irradiations accidentelles,
- que l'importance du risque est d'autant plus grande que la dose subie est plus élevée.

Ces radio-leucoses diffèrent-elles des leucémies spontanées ?

Il existe un parallélisme entre les radio-leucoses et les leucoses spontanées, quant à leur répartition par âge ; leur maximum de fréquence est superposable. Sont les plus fréquemment atteints les enfants d'une part, les adultes après 50 ans, d'autre part.

Les radio-leucémies sont très fréquemment de type myélogène chronique. Sur 26 cas rassemblée dans la littérature, on note la rareté des leucémies aiguës dont on ne connaît qu'un seul cas.

../..

Sur les vingt cas de leucémies chroniques, 13 étaient du type myéloïde et seulement 7 du type lymphoïde. Dans 5 autres observations, le diagnostic hématologique n'est pas indiqué.

On peut relever deux faits intéressants :

1. la fréquence des formes aleucémiques cryptiques de leucoses aiguës,
2. la difficulté de diagnostic entre crypto-leucose et aplasie médullaire par radiations.

On peut donc conclure que les radiations ionisantes peuvent provoquer des leucémies et que dans des groupes de sujets irradiés, la fréquence des leucémies croît avec la dose d'irradiation. Cependant, rien ne permet encore d'affirmer que la relation entre la dose et le risque soit linéaire et il est impossible de déterminer s'il existe une dose-seuil au-dessous de laquelle l'irradiation ne présente aucun risque leucémogène.

VII. CANCERISATION

L'apparition d'affections cancéreuses sous l'effet du pouvoir mutagène des radiations est bien connue depuis la description des épithélioma spino-cellulaires développés sur 10 à 30 % des radiodermites chroniques. Ces cancers, qui n'offrent d'autre particularité que leur origine, sont donc semblables aux épithélioma spontanés ou à ceux qui surviennent après des irritations chroniques ou des brûlures ; ils se développent plus volontiers après les radiodermites ou les radionécroses consécutives à des irradiations brèves (doses itératives minimes subies au cours du radiodiagnostic ou accident de roentgenthérapie) qu'après des irrations prolongées ou à fortes doses. On en a observé

../..

sur les radio-atrophies cutanées. Leur temps de latente est important : plusieurs années ou même plusieurs décades, durant lesquelles la radiodermite demeure stabilisée ; il serait toutefois moins long lorsque le cancer est secondaire à une irradiation de courte durée.

Radiations ou corpuscules ont des effets identiques LACASSAGNE estime que la probabilité de cancérisation par les radiations externes est, malgré tout, assez faible, qu'elle est majorée par l'existence d'un foyer inflammatoire, ainsi que par une prédisposition héréditaire.

Le pouvoir cancérigène sur les organes hématopoiétiques est à retenir, car il aboutit aux leucoses, leucémiques le plus souvent. Nous avons déjà vu que les leucoses sont dix fois plus nombreuses chez les radiologistes que chez les autres médecins ; elles n'apparaissent qu'après un temps de latence considérable, durant lequel la formule demeure, sinon normale, du moins leucémoïde sans plus.

VIII. EFFETS GENETIQUES

Toutes les radiations ionisantes sont généralement actives si elles atteignent les cellules reproductrices. Elles sont capables de provoquer des mutations de gêne et cet effet a été contrôlé sur de nombreux organismes (bactérie, drosophile, souris). Leur fréquence est directement proportionnelle à la dose des roentgen reçus.

Il ne semble pas y avoir de seuils d'action des radiations, et toute dose, si minime soit-elle, possède un pouvoir mutagène. Le dommage subi par les gênes est irréparable. Les doses répétées ont un effet indéfiniment cumulatif. C'est la dose totale qui compte, soit qu'il s'agisse d'irradiations légères successives ou d'une irradiation massive.

Nous n'avons pas actuellement de connaissance précise des effets génétiques des radiations chez l'homme et l'on ne peut pas considérer comme tout à fait probants les résultats d'une enquête poursuivie aux Etats-Unis (MACHT et LAWRENCE, 1955) et qui semblerait démontrer que la fréquence des malformations congénitales est plus élevée dans la descendance des radiologistes que dans celle des médecins non exposés aux radiations ionisantes.

Plus démonstrative est l'étude poursuivie sur la descendance des femmes japonaises qui ont survécu aux bombardements (rapport de l'Atomic Bomb Casualty d'Hiroshima publié par NEELS et ses collaborateurs). On a, en effet, noté une déviation des sexes, se traduisant par un déficit du nombre de garçons, cet effet pouvant s'expliquer par la production de gênes léthaux liés au sexe. Cette observation confirme la possibilité d'une altération génétique professionnelle.

Toutefois, la dose capable de provoquer des mutations de gênes, entraînant des malformations et des troubles psychiques, nous est inconnue et nous ne savons pas non plus avec exactitude quel est le taux des mutations dues à la radioactivité naturelle, dont la valeur au niveau des organes reproducteurs, est estimée atteindre 3 à 5 roentgen au cours de trente années.

En extrapolant les résultats obtenus chez la souris, les généticiens admettent que 30 à 80 roentgen répartis sur trente années seraient capables de doubler le taux des mutations.

../..

On peut donc redouter que l'utilisation chaque jour accrue des radiations ionisantes dans le domaine médical, n'entraîne une augmentation sensible du taux de ces mutations chez les personnes professionnellement exposées. Mais ces sujets professionnellement exposés sont, il est vrai, soumis à des règles strictes, qui semblent devoir les protéger efficacement.

La dose doublant le risque de mutation spontanée par individu et par génération est de :

140 r pour R. EVANS
80 r pour H.J. MULLER
13 r pour HAVARD (dose mesurée au niveau des ovaires).

LACASSAGNE a fait observer que le risque existe surtout pour la gonade femelle, car l'ensemble des ovocytes y préexiste. Le foetus de sexe féminin et la femme sont donc sensibles de l'état embryonnaire à la fin de l'activité sexuelle ; le risque n'entre plus en ligne de compte après la ménopause. Au contraire, les spermatozoïdes et leurs formes immatures dans la lignée spermatique, quoique radiosensibles, n'exposent au risque d'altérations progénétiques que pendant la période durant laquelle toute les lignées irradiées subsistent encore, mais on peut admettre que, par une suite de sélections naturelles, la restauration ne s'effectue qu'à partir de spermatogonies plus résistantes, donc susceptibles de se diviser en donnant finalement des spermatozoïdes sains.

On peut donc considérer la dose susceptible de doubler le taux des mutations, comme notablement inférieure à 80 roentgens ; les calculs les plus récents la situent vers 30 roentgens. On constatera que la circulaire ministérielle de 1957 (voir page 35) réduit encore par prudence la dose cumulable pour les gonades de la majorité de la population, en la limitant au double de la dose naturelle, soit donc au total de 6 à 10 roentgens intégrés entre 0 et 10 ans.

CHAPITRE III

MESURES DE PREVENTION

I. ASPECTS REGLEMENTAIRES DE LA PROTECTION CONTRE LES RAYONNEMENTS IONISANTS

Les textes qui prévoient les modalités de la prévention des affections professionnelles imputables aux rayonnements ionisants datent de 1934.

En matière de prévention médicale il est simplement prévu : "Une surveillance attentive, qui devra être nécessairement complétée par l'examen microscopique du sang pratiqué tous les six mois par un médecin spécialement agréé, toujours le même". Les mesures de prévention technique à appliquer y sont sommairement indiquées. C'est le seul texte règlementaire actuellement en vigueur et l'on doit reconnaître que les prescriptions qu'il contient ne paraissent plus adaptées aux techniques nouvelles.

Dans l'attente d'un règlement d'administration publique pris en application de l'article 67, 2º du Code du Travail, certains départements ministériels ont adressé à leurs fonctionnaires des directives sous forme de circulaires.

Telle est la circulaire du Ministre de la Santé Publique datée du 3 Juin 1957, fondée sur les recommandations de la Commission Nationale de la Protection contre les radiations ionisantes.

../..

Une nouvelle circulaire signée des Ministres du Travail et de la Main-d'Oeuvre du 7 Mars 1962, publiée au Journal Officiel du 8 Mars 1962, a une portée plus générale. Compte tenu des engagements internationaux de la France elle souligne, en effet, que les directives fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des radiations ionisantes, arrêtées le 2 Février 1959 par le Conseil de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique (J.O.C.E. 20.2.59), étaient immédiatement applicables en France.

Ces deux circulaires, dont les prescriptions sont pratiquement superposables, tendent à remplacer de facto le décret du 5 Décembre 1934 et l'arrêté du 26 Décembre de la même année, fixant les "mesures particulières de protection applicables aux établissements dans lesquels sont préparés, manipulés ou employés les corps radioactifs et à ceux où sont mis en oeuvre les rayons X", texte largement dépassé, ainsi que nous l'avons dit, par l'évolution technologique dans le domaine des sources et substances radioactives.

On peut regretter que la protection du personnel exposé à des riques aussi graves ne soit règlementé actuellement en France que par voie de circulaire ministérielle, document qui n'a, à l'égard des employeurs responsables, qu'une autorité bien limitée.

Toutefois, nous croyons savoir qu'un décret est actuellement en préparation au Ministère du Travail.

../..

II. NORMES DE SECURITE

1. Rappel historique

La prévention des affections dues aux radiations ionisantes est liée d'abord à une bonne protection technique, capable de réduire au minimum l'irradiation inévitable du personnel exposé. La détermination de la dose d'exposition admissible aux radiations ionisantes ou dose de radiations ionisantes distribuée en irradiation générale qui, en s'additionnant à la dose provenant de l'irradiation naturelle, n'expose pas à des conséquences dommageables pour l'individu et pour sa descendance, a exigé beaucoup de travaux et de nombreuses conférences d'experts.

OUDIN et BARTHELEMY présentèrent à Moscou en 1897 des études générales relatives aux accidents consécutifs aux irradiations par les rayons X. HEINECKE, en 1903, apporta les premières conclusions sur la radiobiologie du sang. Puis survinrent les décès de quatre radiobiologistes britanniques entre 1914 et 1920, ce qui décida la fondation en 1921 du "British X ray and Radium Protection Commitee" qui devient l'"International X ray and Radium Protection Commission" (Stockholm 1928).

Ensuite les travaux de MUTSCHELLER sur la radiosensibilité de la peau (1925) amenèrent cette Commission pour la première fois en 1934 à fixer une dose d'exposition admissible : 0,2 r par jour (Radiology , 1934, 23).

Cette notion de dose d'exposition admissible fut serrée de plus près, après les progrès des connaissances radiobiologiques, les études sur les leucémies, et parallèlement l'extension croissante des connaissances physiques dans le domaine des radiations ionisantes.

C'est ainsi qu'en 1936, le National Bureau of Standarts (U.S.A.) réduisit la dose d'exposition à 0,1 r par jour, laquelle fut réduite en 1948 à 0,3 r par semaine).

La Commission Internationale de 1928 se réunit en 1950 et changea de désignation pour devenir l'"International Commission on Radiological Protection" (I.C.R.P.).

Ses dernières conclusions (Copenhague 1953) maintenèrent à 0,3 r par semaine la norme d'irradiation admissible pour le personnel exposé. Toutefois, cette dose devait être ramenée en 1956 (Mexico) à 0,1 par semaine.

Soulignons que la dose admissible ne représente pas une valeur applicable à la population entière en toutes circonstances. Elle varie suivant qu'il s'agit de la sécurité individuelle, de la sécurité d'une petite ou large fraction de la population. Nous nous intéressons uniquement dans cet exposé à la sécurité des travailleurs professionnellement exposés.

2. Dose maximum admissible

Elle est fixée par les circulaires ministérielles du 3 Juin 1957 et du 7 Mars 1962 visant la protection sanitaire de la population et des travailleurs.

On exprime sous le nom de dose maximum admissible la dose totale de rayonnements ionisants reçue par un individu et jugée incapable, dans l'état actuel de nos connaissances, de lui causer des troubles appréciables pendant le cours de son existence. Aucun travailleur ne doit recevoir au cours de sa vie une dose totale supérieure à 200 roentgens, en limitant à 50 roentgens la dose reçue avant l'âge de trente ans. Dans le cas de l'irradiation du corps entier on ne doit pas dépasser 5 roentgens par année, soit en moyenne 0,1 r par semaine (une semaine signifiant sept jours consécutifs), compte tenu des réserves faites à propos des irradiations occasionnelles. Cette valeur correspond au même chiffre exprimé en rem. quand il s'agit de neutrons ou de rayonnement bêta.

A un âge déterminé, la dose maximum de rayonnement que l'organisme peut sans risque avoir subi du fait d'expositions professionnelles se calcule par la formule

$x = 5 (N - 18)$ où N représente l'âge en années.

On voit que cette dose est égale à zéro à l'âge de 18 ans ; en d'autres termes l'âge d'accès aux emplois exposant à des irradiations professionnelles est de 18 ans.

3. Irradiation occasionnelle

La dose maximum admissible hebdomadaire peut atteindre 0,3 r pendant quelques semaines à condition que la dose accumulée pendant une année ne dépasse pas 5 r.

Lorsque la dose hebdomadaire a dépassé 0,3 r, il convient de maintenir la dose totale reçue pendant une période de 13 semaines consécutives, comprenant la semaine incriminée, au-dessous de 3 r.

Si une exposition plus importante aux radiations ionisantes a été réalisée, on doit considérer que l'état de tolérance de l'individu a été modifié. Le sujet doit alors être soustrait à tout risque d'irradiation pendant le temps nécessaire pour que la dose moyenne étalée sur cette période soit conforme aux normes précédentes.

En cas d'accident, une dose de 25 r reçue exceptionnellement par un travailleur professionnellement exposé peut être considérée comme sans effet sur l'état de tolérance du sujet aux radiations, à la condition qu'une telle irradiation ne se produise qu'une seule fois au cours de son existence ; en conséquence, elle doit être obligatoirement enregistrée et consignée.

../..

4. Irradiation partielle

Les chiffres précédents concernent l'irradiation totale de l'individu.

Les mains, avant-bras, pieds et chevilles, ainsi que le corps thyroïde peuvent accumuler une dose totale plus grande et qui est fixée à 30 rem. par an, soit 8 rem en 13 semaines avec un maximum occasionnel de 20 rem/13 sem ; toutefois, la dose accumulée en un an ne doit pas dépasser 30 rem.

Compte tenu des normes d'irradiations tolérables la prévention des affections dues aux radiations ionisantes présente un double aspect :

- un aspect technique
- un aspect médical.

../..

II. PREVENTION TECHNIQUE

A. RISQUE D'IRRADIATION

Les mesures de protection ont pour but de maintenir les niveaux d'irradiation au-dessous des normes de sécurité.

Dans toute la mesure du possible, ce résultat doit être obtenu en faisant appel à la protection liée aux ouvrag ou aux installations ; les mesures de protection individuelle ne doivent intervenir qu'à titre complémentaire.

Les moyens de protection utilisés contre l'irradiation externe consistent en :

- l'éloignement des sources,
- la rapidité d'exécution des travaux,
- l'utilisation d'écrans protecteurs en matériaux susceptibles d'atténuer les rayonnements dangereux et de diminuer les doses reçues par l'opérateur.

1. Mesures collectives

a) Généralités

Il est aisément concevable qu'il ne faut pas s'exposer au rayonnement direct ; le faisceau primaire est d'ailleurs relativement facile à éviter. Il n'en est pas de même du rayonnement indirect, lequel est diffusé par tout ce que rencontre le faisceau primaire : table d'examen, sol, murs de la pièce d'examen, malade et même air ambiant.

Le rayonnement secondaire, voire tertiaire, se propage dans toutes les directions ; comme il est de plus grande longueur d'onde que le rayonnement qui lui a donné naissance, dont il ne représente, du point de vue énergétique, qu'une petite fraction, il est aussi beaucoup moins pénétran et perd rapidement de son intensité.

..\..

..\..

Ces caractéristiques permettent de comprendre les grands principes de protection : s'éloigner au maximum du foyer radiogène, interposer entre le foyer radiogène et l'opérateur un écran destiné à arrêter le rayonnement diffusé. En pratique, la protection liée à l'appareil est insuffisante et doit être complétée par les moyens individuels de protection.

Les mesures de protection collectives concernent les locaux et les appareillages.

b) Les locaux professionnels

Les sondages faits avec des appareils de mesure et de détection de rayons X, en différents points d'une salle d'examen ont montré que ce n'est pas toujours dans un périmètre proche du tube à rayons X que le rayonnement diffusé est le plus important.

Aussi le moyen de protection le plus efficace consiste-t-il à placer le pupitre de commande de radiographie ou de thérapie dans un local distinct de la salle d'examen proprement dite. La surveillance des opérations se fera au travers d'une fenêtre en verre au plomb. C'est le dispositif adopté dans les installations modernes de façon générale. En outre, il est possible de réaliser des dispositifs de sécurité qui interdisent l'emploi des tubes tant que les opérateurs ne sont pas à l'abri.

c) L'appareillage radiologique

Un appareil radiologique ne devra émettre son rayonnement que dans la direction voulue, sous forme d'un faisceau dont les dimensions seront les plus réduites possible. Le tube devra être blindé, comme c'est le cas actuellement sur les appareils modernes ; il n'en est malheureusement pas

../..

toujours ainsi pour certains appareils légers dits portatifs, ni pour les appareils anciens, notamment les appareils avec tubes dans l'air qui, même lorsqu'ils comportent une cupule dite protectrice, irradient dans toutes les directions. Pour réduire correctement le champ d'irradiation, les localisateurs lumineux à double diaphragme sont particulièrement efficaces. Les appareils en service doivent satisfaire à des normes d'homologation.

d) Mesures de protection contre l'irradiation externe par les substances radioactives

Le problème reste dans ses grandes lignes identique à celui rencontré en radiologie, et les moyens de protection restent les mêmes. Néanmoins, plusieurs points particuliers restent à préciser du fait de différences entre un tube radiogène et les corps radioactifs. Un tube à rayons X ne débite des radiations que lorsque le circuit électrique est fermé. Les corps radioactifs, par contre, ont un débit permanent, fonction de la période de l'élément considéré ; rien ne permet de l'arrêter. D'autre part, le rayonnement gamma est beaucoup plus pénétrant que le rayonnement X. Enfin, lors des manipulations l'éloignement des sources offre parfois des difficultés considérables. Assurément, dans certains cas des dispositifs électro-mécaniques appropriés permettent la manipulation à distance de la source radioactive, un solide blindage en béton au baryum complétant l'action protectrice de la distance maintenue entre le foyer radioactif et le manipulateur ; une protection de ce genre est applicable aux installations de télécobaltothérapie.

Il n'en va plus de même lorsqu'il s'agit de l'utilisation de sources radioactives naturelles ou artificielles non scellées : radium, isotopes radioactifs sous forme solide ou liquide.

../..

Toutefois,la règle de l'éloignement des sources s'applique au moins au stockage du matériel radioactif : le radium par exemple sera entreposé en sous-sol dans un monte-charge qui ne sera amené au niveau de la manipulation que pour un court laps de temps nécessaire à extraire de sa cellule blindée de plomb le tube de radium choisi. La fermeture de la porte du monte-charge commande automatiquement le renvoi de la cage en sous-sol.

Le transport d'un service à un autre d'une source radioactive non scellée - qui doit d'ailleurs être évité dans toute la mesure possible - ne sera autorisé que sous réserve de mise à la disposition du personnel de "containers" étanches aux radiations. Dans le cas du radium, un blindage de plomb épais d'une dizaine de centimètres étant indispensable un chariot ou "drable" sera prévu pour transporter les "containers".

Arrive un moment où la source radioactive doit nécessairement être extraite de l'enceinte blindée de stockage : les opérations de conditionnement, de montage sur un porte-tige, etc. doivent obligatoirement être exécutées sur un plan de travail situé devant la porte du monte-charge. Un mur en lingots de plomb imbriqués protège le manipulateur ; seuls les mains et les avant-bras, engagés de part et d'autre du mur, ne peuvent échapper à l'irradiation.

Des lingots de plomb imbricables se trouvent dans le commerce ; ils peuvent être assemblés en muraillons dont la forme sera adaptée aux divers travaux de manipulation à effectuer, ainsi qu'à la taille des manipulateurs. Des fabricants spécialisés mettent également en vente des écrans de plomb de hauteur réglable par le jeu d'une crémaillère et

../..

d'une manivelle ; l'ensemble est monté sur un trépied à roues. Le déplacement de ces engins très lourds exige une dépense musculaire non négligeable. Toutefois, ils constituent dans certains cas particuliers la seule protection efficace ; ils sont utilisés notamment dans la mise en place des tubes de radium pour le traitement du cancer du col de l'utérus. Le radiothérapeute, au cours de cette intervention, bénéficie d'une certaine sécurité d'ailleurs limitée à la moitié inférieure du corps. Les gonades échappent ainsi à une irradiation redoutable.

Les malades porteurs de radium constituent une source d'irradiation contre laquelle les mesures de protection totale sont d'application délicate. Il va de soi que des chambres spéciales individuelles aux parois et portes blindées doivent leur être réservées. Les difficultés surgissent lorsqu'il s'agit de protéger le personnel chargé du "nursing" ou de l'administration de soins exigeant un travail rapproché : administration d'injections médicamenteuses par exemple.

Dans ces cas, l'utilisation d'écrans sur roues - très lourds, ainsi que nous l'avons souligné - ne constitue qu'un pis aller et n'est pas d'usage courant.

Compte tenu de la carence ou de l'incommodité rédhibitoire des écrans protecteurs, la sécurité du personnel ne peut être assuré que par la rapidité avec laquelle sont exécutées les opérations dangereuses.

Nous verrons ultérieurement l'importance de l'éducation du personnel dans ce domaine.

../..

2. Moyens individuels de protection

Muraillons et briques de plomb, écrans mobiles constituent à la fois des moyens collectifs et individuels de protection.

Le personnel médical et paramédical utilisera par ailleurs avec profit des vêtements et accessoires assurant dans certains cas une protection strictement individuelle, dont l'effet vient s'ajouter à celui des écrans fixes ou mobiles. Il faut souligner que ces moyens individuels à eux seuls sont nettement insuffisants contre les rayons gamma des corps radioactifs.

a) tabliers plombés

L'efficacité de tels tabliers plombés est malheureusement proportionnelle à leur épaisseur en plomb, donc à leur poids. Un compromis doit être recherché entre le souci de disposer d'un tablier efficace et de ne pas imposer à l'utilisateur une gêne qui l'inciterait à négliger le port de ce dernier.

Les tabliers doivent surtout arrêter le rayonnement diffusé, le rayonnement direct étant arrêté par les protections à l'appareil. Ils pourront donc être relativement minces. Néanmoins, le tablier doit protéger le maximum de la surface corporelle et au tablier classique on tend à substituer une sorte de chasuble qui s'appuie largement sur les épaules et protège la totalité du tronc.

../..

b) gants plombés

Les mêmes remarques s'appliquent aux gants plombés ; ils devront être aussi souples et légers que possible ; ils seront doublés de tissu éliminant le rayonnement secondaire émis par le plomb qu'ils contiennent, rayonnement peu intense, mais émis au contact même de la peau.

Les commandes rapprochées des tubes radiogènes, le sélecteur, les diaphragmes doivent donc être dotés d'une protection particulière.

3. Risques propres à certaines techniques radiologiques

En dehors des écrans protecteurs, la protection dépend de la façon de conduire les opérations. De tous les examens radiologiques, les plus dangereux pour l'opérateur sont ceux qui font usage de la radioscopie. Ils sont pratiqués avec une intensité peu élevée (2 à 3 milliampères sous 80 kilovolts), mais leur durée est souvent excessive. Comme nous l'avons signalé plus haut, les appareils modernes comprennent un paravent dit de protection "totale" et réduisent effectivement les risques encourus par l'opérateur.

Parmi les examens radioscopiques, certains comportent un danger particulier :

a) radioscopie thoracique

Réalisé dans de bonnes conditions, cet examen ne comporte pour le médecin qu'un minimum de risques. Pratiqué extemporanément, à la suite d'un examen clinique fait en éclairage normal, il incite le praticien pressé par le temps, à négliger l'adaptation de ses yeux à l'obscurité et à compenser cette déficience en augmentant le débit de l'appareil. A.J. CHAUMONT a souligné l'intérêt de l'utilisation d'un adaptomètre qui permet au médecin de savoir avec précision à quel moment sa vue lui permet d'entreprendre l'examen radioscopique.

../..

b) examens digestifs

Ils sont dangereux par la durée de l'examen radioscopique, par la nécessité de travailler au sélecteur, qui impose de rester à proximité du malade. Différents dispositifs doivent être utilisés conjointement : sélecteur équipé de caches plombés, solidarisation du tube et de l'écran, tubes munis d'un diaphragme tel que grand ouvert, le rayonnement direct ne puisse dépasser les limites de l'écran ; le port de gants, de blouses ou de tabliers plombés est indispensable.

c) cathéterisme cardiaque

Il suppose un contrôle radioscopique quasi permanent pendant toute l'opération de la mise en place du cathéter. Il s'agit d'un examen très spécialisé confié habituellement à une petite équipe de médecins, voire à un seul d'entre eux, qui sera amené à le répéter fréquemment, plusieurs fois par semaine. Il est de ce fait indispensable que le médecin se protège de façon efficace au moyen de vêtements adéquats et utilise un faisceau de rayonnement très mince. L'utilisation d'un amplificateur de brillance permet, en outre, de réduire l'intensité du rayonnement.

d) angiographie

Le danger des angiographies (artériographies des membres, artériographies cérébrales, aortographie, etc.) réside dans la prise des clichés en série au cours même de l'injection du produit de contraste faite par un opérateur et ses aides se trouvant à proximité du champ d'irradiation. On arrive actuellement à y pallier, car il existe des appareils d'injection télécommandés et des dispositifs automatiques d'escamotage des cassettes.

../..

e) tomographies

Un grand nombre de dispositifs planigraphiques se manoeuvrent encore à la main, à proximité immédiate du tube et du patient. Les doses reçues par l'opérateur sont dans ce cas très importantes. Il faut renoncer à ce système et adapter un dispositif mécanique commandant le balayage à partir du pupitre de commande.

f) examens radiologiques en pédiatrie

L'un des problèmes les plus délicats est celui de la contention des enfants à examiner. Il existe bien des moyens de contention mécanique, mais ils sont souvent peu efficaces ou inutilisables. Il faut alors confier à une aide le soin de maintenir l'enfant. On fera appel à une infirmière ou une aide-soignante qui ne sera exposée que tout à fait exceptionnellement et on la dotera d'une protection individuelle. Il faut éviter de toujours faire appel à la même personne. Relatons à ce sujet l'observation personnelle suivante :

Observation :

Une puéricultrice s'était vue confier la tâche d'amener les enfants du service de pédiatrie aux différents examens radiologiques. Son travail consistait à accompagner les enfants dans le "noir", de les rassurer par sa présence et éventuellement de les immobiliser pendant les radioscopies et les prises de clichés. Elle n'était dotée d'aucun moyen individuel de protection. Elle avait accompli sa mission pendant près de deux années, lorsqu'elle tomba subitement malade, après un léger fléchissement de l'état général. Elle fut admise dans notre service dans un état infectieux grave compliqué d'asthénie intense. Sa pâleur était à elle seule évocatrice. Les examens hématologiques devaient confirmer l'existence d'une anémie à 3 millions de globules rouges avec un taux d'hémoglobine à 55 %. Il y avait également leucopénie : 2.000 globules blancs par mm3 environ avec diminution importante des granulocytes (30 % de neutrophiles). Le nombre des plaquettes par mm3 était inférieur à 50.000.

../..

Une ponction sternale suivie d'une trépanoponction ramena une moelle aplastique, avec raréfaction de tous les éléments figurés. Malgré une thérapeutique à visée restauratrice, l'exitus survint peu après l'hospitalisation. L'autopsie confirma le diagnostic d'anémie aplastique grave.

g) radio-télévision par-opératoire

Ce procédé qui tend à se répandre en salle d'opération présente le grand avantage de permettre un contrôle radiologique sous éclairage normal. Il est utilisé notamment pour la réduction de fractures et les cathéterismes les plus divers. Des manoeuvres souvent délicates se trouvent ainsi facilitées. L'opérateur et ses assistants suivent et contrôlent sans se gêner mutuellement les divers temps opératoires. Les risques d'irradiation n'en demeurent pas moins et l'adoption de cette technique ne constitue du point de vue de la prévention qu'un progrès tout relatif par rapport à la classique opération "sous écran".

Nous ne saurions énumérer ici tous les examens radiologiques particulièrement dangereux pour l'opérateur. Les quelques exemples ci-dessus suffiront à fixer les idées quant aux principes de la protection.

B. RISQUE DE CONTAMINATION

S'il est relativement aisé de fixer des normes sanitaires quant au risque d'irradiation externe, les dangers de certaines sources non scellées en milieu hospitalier présent un problème de prévention professionnelle difficile à résoudre.

La manipulation des isotopes ajoute au risque d'irradiation celui de contamination.

La substance radioactive peut pénétrer dans l'organisme :
- par la voie respiratoire,
- par la voie digestive,
- par voie cutanée, à la faveur d'une blessure des mains.

Les conséquences de tels accidents dépendent
- de la quantité des radio-éléments absorbés,
- de la nature des rayonnements émis : les rayons alpha et bêta seront les plus nocifs,
- de la période du radio-élément absorbé,
- du tropisme propre à chaque corps pour tel organe ou tel tissu : l'iode se fixant surtout au niveau de la thyroïde, le phosphore sur le squelette, etc.
- du métabolisme de ces corps dans l'organisme, c'est-à-dire de leur élimination.

Le Comité international de Protection radiologique a fixé les concentrations maximales admissibles (C.M.A.) des nuclides radio-actifs dans l'atmosphère et dans l'eau de boisson. Le lecteur trouvera dans le Journal Officiel des Communautés Européennes du 9 Juillet 1962 un tableau indiquant les C.M.A. des éléments radio-actifs.

En milieu hospitalier se posent un problème d'installation technique et un problème d'éducation du personnel chargé du conditionnement des isotopes à usage thérapeutique ou diagnostique.

Prévention technique des contaminations

L'utilisation des isotopes doit être limitée à certains services disposant des locaux et des installations adéquats :

- containers protégés par des parois isolantes pour la conservation des radio-éléments concentrés,
- local de conditionnement spécialement aménagé, à parois et sols imperméables, aisément lavables, revêtus d'un matériau ne présentant pas de solution de continuité,
- surfaces de travail sans joints, imperméables, faciles à laver à grande eau,
- hottes en dépression par rapport au local,
- dispositifs de télémanipulation protégés par des briques de plomb pouvant être assemblées en murettes amovibles et transformables à la demande,
- écrans de verre au plomb,
- douches à proximité, utilisables en cas d'aspersion accidentelle du manipulateur par des projections de solutions radio-actives,
- réservoirs en béton pour le vieillissement des déchets radioactifs avant leur rejet dans le système général d'évacuation des eaux usées.

../..

IV. EDUCATION DU PERSONNEL

A. RISQUE D'IRRADIATION

Les règles générales de protection que nous avons énumérées ne dispensent pas d'une technique opératoire correcte.

Il faut s'efforcer par tous les moyens de réduire le plus possible la durée d'exposition des sujets à tous les types de radiations ionisantes.

Il est indispensable que le personnel qui manipule les radio-éléments ou approche les générateurs de rayons X soit instruit du danger des rayonnements, s'il ne se soumet pas strictement aux règles établies. C'est dire la nécessité de constituer un groupe de personnel spécialisé, instruit par des leçons orales et pratiques. L'affichage d'un "avis au personnel" est une mesure notoirement insuffisante.

Si l'éducation du personnel para-médical est une obligation impérative, il faut bien constater que les médecins eux-mêmes, les radiologues et les chirurgiens commettent des imprudences, préoccupés qu'ils sont de leur patient plus que de leur propre sécurité.

Il faut s'abstenir d'exposer les mains, même gantées, directement dans le champ d'irradiation que ce soit pour manoeuvrer le malade, l'examiner ou le maintenir dans une position déterminés (ceci s'adresse tout particulièrement à la contention des enfants). Les gants plombés , en effet, donnent une protection équivalente à 0,3 mm de plomb, suffisante pour le rayonnement diffusé, mais très insuffisante pour le rayonnement direct.

../..

DUFOURMENTEL souligne que la prévention des radiodermites réside :

" - dans une éducation radiologique des médecins et des chirurgiens,
- dans la qualité parfaite des appareillages,
- dans l'utilisation correcte de ceux-ci,
- dans la proscription absolue de toute manipulation chirurgicale sous scopie."

Les aides-radiologistes, les infirmières présents lors des différents examens dangereux ne doivent pas oublier de se protéger soit derrière les paravents protecteurs, soit par moyens individuels, tels que tabliers plombés, etc.

Il est utile de réduire au minimum la durée des examens de scopie et cela grâce à une bonne adaptation ainsi que nous l'avons indiqué.

Lors de la manipulation des corps radioactifs, l'éducation du personnel prend une importance toute particulière.

A partir du moment où les sources sont extraites de leur blindage, la meilleure protection réside dans la vitesse d'exécution des mouvements ; c'est dire l'importance d'un personnel spécialisé et éduqué dans cette manipulation, car la rayonnement gamma en l'occurrence est tellement pénétrant qu'il est illusoire de se croire protégé par des gants plombés. Il faut apprendre au manipulateur à "penser ses gestes" en fonction du risque d'irradiation. Les méthodes d'exécution des différentes opérations seront prévues à l'avance pour éviter toute perte de temps, c'est-à-dire toute exposition superflue à l'irradiation.

../..

Les accessoires de manipulation devront être parfaitement adaptés à leur objet et le personnel devra les utiliser en fonction de l'utilisation pour laquelle ils ont été conçus. On peut sans doute enfoncer un clou avec une tenaille au lieu d'un marteau ... c'est un bon moyen pour se blesser les doigts ; de même on peut saisir un tube de radium avec une pince de Kocher ou une pince à pansements ... c'est un bon moyen pour qu'il vous échappe et qu'il faille aller le rechercher dans quelque encoignure. Il existe des instruments prévus pour chaque usage, des pinces par exemple dont les mors évidés assurent une bonne préhension et une bonne contention des tubes de radium, de telle sorte qu'ils ne risquent d'échapper ni aux mains du radiothérapeute, ni à celles de la manipulatrice-instrumentiste. Les branches de ces pinces seront assez longues pour que la distance entre les sources manipulées et la main soit de l'ordre de 30 cm.

Citons en raison de sa valeur démonstrative l'aventure de cette aide-infirmière novice appelée à manipuler des tubes de radium en l'absence de l'infirmière titulaire. Cette jeune personne, insuffisamment instruite, croyait qu'après usage les tubes de radium n'étaient plus récupérés. Elle n'hésita donc pas à leur faire prendre le chemin de la poubelle à pansements ... Il ne fallut pas moins que la mobilisation d'équipes spécialisées, munies de compteur de Geiger, pour retrouver une partie des tubes, qui, ayant victorieusement résisté à l'incinération, avaient abouti sur le dépôt d'ordure municipal d'une ville dont nous ne citerons pas le nom. Que le lecteur veuille bien nous faire confiance quant à l'authenticité des faits.

../..

Si la technique correcte de manipulation des tubes de radium doit et peut être enseignée, il n'en demeure pas moins que certaines opérations ne peuvent être réalisées de façon totalement satisfaisante à l'égard de la sécurité du personnel. Nous avons déjà signalé les risques encourus au cours du "nursing" des malades porteurs de radium. Toutefois, l'importance de l'irradiation sera réduite dans ce cas aussi par la rapidité apportée à l'exécution des tâches : ne pas séjourner inutilement dans la chambre de ces malades, réduire au minimum les soins de toilette pendant les quelques jours où la mise en place de la source radiogène doit être maintenue, utiliser des passe-plats pour les aliments, les écrans mobiles dont il a été question plus haut, sont autant de précautions qui supposent que le personnel subalterne a été dûment instruit et averti de la nature des traitements subis par les malades confiés à ses soins.

B. RISQUE DE CONTAMINATION

La prévention du risque de contamination suppose la mise à la disposition du personnel des locaux et installations que nous avons sommairement décrites.

L'éducation des manipulateurs est ici encore primordiale ; elle permet de faire accepter le port de vêtements de protection, de coiffures, de bottes, de masques, dont le rôle protecteur vient s'ajouter à celui des dispositifs fixes.

../..

Le but principal à atteindre est d'éviter tout contact des téguments avec les solutions renfermant les isotopes ; il y a donc lieu d'enseigner par exemple la manière correcte d'enlever les gants souillés. (Ils seront lavés soigneusement à l'eau courante, fournie par un robinet manoeuvré au moyen d'une pédale, et alors seulement retirés ; la main nue ne saisira le gant que par la face interne du crispin, etc.). Une démonstration et un exercice pratique valent mieux que toute description. En milieu médical la formation du personnel sera facilitée par le fait que les précautions à prendre ne sont pas sans parenté avec celles que dicte le souci d'asepsie.

Soulignons enfin que la prévention des contaminations ne dcitpas faire négliger celle des irradiations, les deux risques étant nécessairement associés.

V. CONTROLE DE L'IRRADIATION

A. CONTROLE DES INSTALLATIONS

Le contrôle doit être effectué autour des appareils de radioscopie et de radiothérapie, car même avec les appareils les mieux réalisés, la protection n'est pas toujours parfaite. Il est donc indispensable de savoir quelles sont pour l'opérateur et le personnel les positions les moins dangereuses au cours de certains examens longs et difficiles.

Ces contrôles doivent être également exercés dans les lieux de manipulation des isotopes radioactifs et des appareils destinés à la curiethérapie, ainsi qu'au voisinage du coffre contenant le stock de radium.

Le contrôle doit s'exercer dans les pièces voisines des générateurs de rayons X ou d'appareils radiogènes, afin de déceler les fuites possibles de rayonnement à la faveur par exemple d'une solution de continuité dans le blindage des parois. Il peut arriver que le maçon chargé d'édifier une cloison en ciment au baryum utilise en dernière minute pour boucher un trou d'accès d'une conduite, parfaire une jointure, un ciment ordinaire, voire un peu de mortier ou de plâtre. Ce procédé ne nuisant pas à la solidité mécanique de l'ensemble, l'ouvrier n'aura pas conscience de cette malfaçon, dont les conséquences peuvent être redoutables.

../..

Toutefois, le contrôle des installations est l'affaire de spécialistes. Nous nous bornerons donc à signaler son importance, et la nécessité de contrôles périodiques, ainsi qu'à la suite de toutes modifications d'installation.

B. CONTROLE INDIVIDUEL

Parmi les appareils de contrôle, les détecteurs à tube de Geiger-Muller ne permettent pas l'évaluation des doses d'irradiation. Ils seront précieux pour la détection d'une contamination accidentelle des cheveux, des téguments, des vêtements dans les services où sont manipulés des isotopes.

Deux types d'instruments de mesure sont utilisés dans la pratique pour contrôler l'irradiation individuelle du personnel au cours d'un laps de temps déterminé :

- les dosimètres,
- les films détecteurs appelés encore plus correctement dosi-films.

1. Les dosimètres sont de petits électroscopes ou chambres d'ionisation dont plusieurs modèles peuvent être obtenus couramment dans le commerce.

Affectant la forme d'un stylographe, ils sont fixés sur la blouse de l'opérateur, ils jouent le rôle d'intégrateurs, mais ils n'apportent de renseignements que pour la région de l'organisme au niveau de laquelle ils sont portés. C'est pourquoi il peut être utile de placer un film test à l'un des doigts, au niveau d'une bague par exemple, ou sur le dos de la main, sous un gant de caoutchouc. Mais ils ont par ailleurs le double mérite :

../..

- de pouvoir être examinés à tout instant, donc de rendre compte sans délai de l'irradiation suivie ;
- de concrétiser pour celui qui en est doté le danger sournois, inapparent d'irradiation, donc d'avoir une valeur éducative non négligeable.

Aux Hospices Civils de Strasbourg, le Service de Médecine Préventive utilise un stylo-dosimètre pouvant enregistrer une dose de 200 mr.

Cet appareil est constitué par :
- une chambre d'ionisation,
- un électromètre à fil de quartz,
- un microscope à lecture directe pour mesurer la déviation du fil de quartz.

Chaque appareil doit être étalonné et contrôlé par une source connue, par exemple du cobalt 60.

2. Les dosi-films

Les méthodes de contrôle fondées sur le noircissement d'un film ne peuvent en aucun cas s'effectuer par le moyen d'une simple pellicule photographique, car la quantité d'énergie responsable du noircissement est par trop variable selon la longueur d'onde de la radiation.

Grâce à un jeu de filtres métalliques, ces films permettent d'identifier dans une certaine mesure la longueur d'onde des radiations ionisantes, de distinguer l'irradiation directe de l'irradiation secondaire par exemple.

En interposant un écran fluorescent sur le trajet des radiations filtrées, le noircissement sera indépendant de la longueur d'onde, mais fonction de la dose.

../..

Les films sont portés en permanence par le personnel exposé pendant les heures de travail et renouvelés chaque mois. Ces films rassemblés sont développés en même temps qu'un film témoin irradié à une dose connue.

Toutefois l'interprétation du noircissement des films ne s'improvise pas ; des conditions standardisées de développement, telles que température, durée d'immersion et composition des bains révélateurs, sont nécessaires. La comparaison des densités de noircissement se fera par une méthode photoélectrique. Aussi sont-ils habituellement fournis et développés par des organismes spécialisés tels que le "Laboratoire Central des Industries Electriques".

Les mesures de G. JOYET n'affectent à cette méthode qu'une précision de plus ou moins 15 %.

Les résultats de ces différentes mesures de dose absorbée seront soigneusement notés dans le dossier médical de chaque intéressé.

Nous reproduisons ci-contre une fiche de surveillance dosimétrique utilisée par le Service de Médecine Préventive des Hospices Civils de Strasbourg. Elle comporte en plus les chiffres du contrôle hématologique.

../..

FICHE DE SURVEILLANCE SANITAIRE, DOSIMETRIQUE ET HEMATOLOGIQUE

Nom : .....

Prénom : .....

Né le .....

Poste de travail : (Graphie
(RXthérapie
(Radium
(Isotopes

	1961		1962	1963	1964	1965
G.R.	4.800	4.500				
Hb	0,95	0,90				
V.G.	1	1				
G.B.	6.200	5.800				
n	70	55				
e	2	2				
b	3	3				
l	25	40				
m	0	0				
AN	0	0				
J / J	50	-				
F / A	50	450				
M / S	50	100				
A / O	75	50				
M / N	50	50				
J / D	50	50				

VI. SURVEILLANCE MEDICALE DU PERSONNEL

La surveillance médicale comporte l'examen d'embauche et les examens périodiques.

A. Examen d'embauche

Les examens d'embauche ont pour objet de dépister les inaptitudes ; il comprendra :

- un interrogatoire où l'on s'efforcera d'apprécier l'importance des irradiations antérieures éventuelles,
- un examen général complet, en recherchant soigneusement les signes de maladies qui contre-indiquent l'exposition aux radiations : l'état des téguments, l'état des cristallins, l'état général (pâleur, asthénie, etc.),
- une radiographie pulmonaire,
- un examen hématologique complet.

Le tout sera consigné dans un dossier individuel auquel viendront s'adjoindre ultérieurement les résultats des investigations périodiques.

La circulaire ministérielle du 3 Juin 1957 donne les directives suivantes sur la détection du personnel à l'embauche :

On considérera comme inaptes aux travaux exposant les personnes aux contacts des radiations ionisantes :

" - les sujets de moins de dix-huit ans,
- les femmes enceintes,
- les sujets ayant été atteints d'une hémopathie sévère,
- les sujets présentant des anomalies notables du sang,
- les sujets porteurs d'altérations cutanées permanentes dues aux rayonnements,
- les sujets atteints de tuberculose pulmonaire en évolution."

../..

L'attitude du médecin du travail sera prudente, mais nuancée, car il n'est pas actuellement possible, par exemple, de savoir si un sujet dont le nombre de globules blancs est un peu bas (de 4.000 à 5.000 éléments par mm3) est plus fragile qu'un autre et plus exposé à souffrir d'accidents hématologiques provoqués par les rayonnements.

Il est à noter que les femmes présentent, en général, par mm3 un nombre de globules rouges inférieur à 200.000 à 300.000 à celui des hommes.

B. Les examens périodiques

Les personnes exposées à des dangers d'irradiations ou de contaminations radioactives passeront :

- un examen clinique général trimestriel,
- un examen hématologique semestriel.

Les résultats de ces examens seront soigneusement notés dans le dossier médical de chaque intéressé.

1. Examen clinique général trimestriel

Cet examen insistera sur certains points particuliers ; on recherchera spécialement les altérations pathologiques qui sont susceptibles de survenir après exposition aux radiations. Nous avons vu dans un chapitre précédent les organes les plus sensibles.

../..

Les lésions de dermatite devront être recherchées soigneusement sur les doigts, sur leur face dorsale pour ceux qui travaillent dans les services radiologiques, sur la face palmaire, et plus spécialement à la pulpe des doigts, pour ceux qui manipulent les corps radioactifs. L'état de trophicité de la peau devra être noté (empreintes digitales, atrophie hyperkératose...), ainsi que les modifications de la pigmentation cutanée.

Mais l'état général trop souvent négligé dans ce type d'examen mérite une attention particulière : KARAJOVIC et KILIBARDA relevèrent, dans une enquête portant sur 332 personnes exposées, un syndrome subjectif caractéristique constitué par des céphalées, de l'asthénie, de l'insomnie, des paresthésies et des troubles dyspeptiques divers.

Peut-on actuellement diagnostiquer une irradiation chronique par les rayonnements ionisants sans le secours de la dosimétrie ? Il semble que non, bien que certains auteurs aient insisté sur l'intérêt des signes cliniques d'irradiation chronique. (KARAJOVIC et KILIBARDA déjà cités). Pour GLAZUNOV et KURJEJEV les signes objectifs les plus précoces peuvent se résumer de la façon suivante :

- une diminution de la tension de l'artère rétinienne centrale, pendant que la tension artérielle périphérique peut rester longtemps à une valeur normale,
- les examens hématologiques montrant une picnose des noyaux leucocytaires,

../..

- un test à l'injection de vitamine B 12 intra-musculaire. Chez des témoins on observe cinq heures après l'injection une leucocytose et une déviation à gauche de la formule d'Arneth ; en cas d'irradiation chronique, absence de leucocytose et de leucopénie.

D'autres tests ont été proposés, mais ils ne sont pas convainquants.

Toujours d'après ces mêmes auteurs, les premiers symptômes subjectifs consisteraient en des céphalées périodiques, à localisation surtout frontale, et à intensité augmentée par les agents divers tels que l'émotion, les agents physiques.... Ultérieurement apparaissent des douleurs sourdes du squelette et des muscles.

2. Les examens hématologiques classiques

Ils doivent être faits par le même personnel de façon à ce que les résultats puissent être comparés valablement d'un examen à l'autre. D'autres conditions doivent être impérativement observées :

- Conditions physiologiques

Il n'est pas nécessaire que le sujet soit à jeun ; au contraire, il paraît préférable qu'il ait fait quelques heures auparavant un repas léger sans viande, mais comportant des lipides en petite quantité, par exemple un petit déjeuner de pain et de café au lait sucré.

Il est souhaitable que le sujet n'ait pas fait d'effort violent avant l'examen ; un travail modéré par contre ne modifie pas sensiblement le nombre des globules.

- Conditions d'examen

Les examens auront lieu de préférence à la fin de la matinée.

Au cours du prélèvement, il convient d'éviter les compressions ; on utilisera un vaccinostyle ou une aiguille de Franck ; le lobule de l'oreille peut être préférable à l'extrémité du doigt chez certaines personnes qui ont une couche cornée épaisse.

Le transport du produit prélevé doit être évité ; à défaut, les examens seront pratiqués dans des délais n'excédant pas deux heures après le prélèvement.

Il est indispensable de toujours mentionner la cellule utilisée, les résultats obtenus avec la cellule de Thoma ne sont pas comparables à ceux obtenus avec la cellule de Malassez. On étalonnera périodiquement le matériel employé (calibrage des pipettes, vérification des cellules).

Pour l'interprétation des résultats, il convient de noter qu'il est difficile de fixer des normes numériques très précises, du fait de l'importance des variations individuelles.

../..

3. Interprétation des critères hématologiques

Quelles sont donc les modifications des valeurs hématologiques que l'on est en droit de considérer comme significatives ?

D'après l'ensemble des constatations faites durant des années sur des personnes journellement exposées, les examens seraient totalement inutiles lorsque la dose reçue est égale ou inférieure à 0,1 r par semaine. MAYNEORD a montré qu'entre 0,1 et 0,7 r par semaine et après des années de travail, on ne relève que des modifications leucopéniques à la fois trop faibles (3 à 9 %) et trop inconstantes pour que l'on puisse leur attribuer une valeur statistique. On retrouve effectivement les modifications que LAVEDAN décrivit en 1929 en leur déniant une signification pathologique ; leucopénie légère (4.300 à 5.000) avec lymphocytose et, fait particulier non expliqué, mononucléose absolue ou relative. E.F. BEHRENS a confirmé ces données, en fixant les limites suivantes à la formule sanguine normale des radiologistes :

- Nombre de globules rouges compris entre 3,5 et 6,5 millions/mm3
- Nombre de leucocytes compris entre 4.000 et 12.000 par mm3
- Pourcentage de lymphocytes compris entre 20 et 40 pour cent
- Pourcentage des granulocytes compris entre 55 et 80 pour cent.

../..

E.P. CRONKITE délimite de la façon suivante les signes d'alarme : leucopénie persistante inférieure à 4.000 ou supérieure à 15.000 avec lymphocytose absolue ; lymphocytose relative élevée, disparaissant après que le sujet ait été écarté des radiations ; augmentation du nombre des granulations réfringentes (corps de DICKIE) dans les lymphocytes colorées vitalement au rouge neutre ; hématies volumineuses, en nombre dépassant 5,8 millions ; taux d'hémoglobine dépassant 18 g. pour 100 cm3, taux des réticulocytes supérieur à 2 %.

Quelles que soient les divergences entre les critères retenus par les divers auteurs une surveillance périodique méthodique s'impose qui seule est en mesure de détecter à temps des affectations dont le propre est d'évoluer fréquemment à bas bruit.

Les exemples sont nombreux d'anémie aplastique se révélant des années après des traitements internes par les corps radioactifs ou chez des radiologistes, prenant parfois la forme de l'anémo-leucie hémorragique toxique de P. CHEVALLIER ou celle de leucoses.

Nous reproduisons ci-après les normes hématologiques de la "Recommandation officielle française de 1957". Les normes suivantes sont établies pour classer les travailleurs en trois catégories :

- inaptes au travail,
- mis en observation,
- aptes au travail.

../..

a) Inaptes

- Globules rouges inférieurs à 3.500.000
  supérieurs à 6.000.000 par mm3
- Globules blancs inférieurs à 3.500
  supérieurs à 12.000 par mm3
- Taux des polynucléaires pour cent,
  inférieur à 40 %
  supérieur à 75 %
- Temps de saignement supérieur à 6 minutes.

b) En observation

- Globules rouges compris entre
  3.500.000 et 4.000.000 par mm3 ou entre
  5.500.000 et 6.000.000 " "
- Globules blancs compris entre 3.500 et 4.500
  ou entre 10.000 et 12.000 par mm3
- Taux des polynucléaires compris entre 40 % et 50 %
  ou entre 70 % et 75 %.

c) Aptes

- Globules rouges compris entre 4.000.000 et
  5.500.000 par mm3
- Globules blancs compris entre 4.500 et 10.000 par mm3
- Taux des polynucléaires compris entre 50 % et 70 %.
- Temps de saignement inférieur à 6 minutes.

../..

Utilisation d'un graphique de surveillance hématologique

Le moyen le plus commode pour suivre les variations dans le temps des critères hématologiques chez un sujet professionnellement exposé consiste à reporter les résultats des examens sur un graphique.

Nous reproduisons ci-après un tel graphique mis au point par M. DESBROSSES au Service de Médecine Préventive du Personnel des Hospices Civils de Strasbourg. La représentation du graphique s'est heurtée à une difficulté ; en effet, l'échelle des ordonnées n'est pas linéaire pour toutes les fonctions.

En abscisse est porté le temps en semestres ; en ordonnée les taux de globules rouges et d'hémoglobine, suivant une fonction linéaire, ainsi que les taux des leucocytes et des polynucléaires neutrophiles ; la fonction des leucocytes présente trois portions linéaires à pentes différentes ; la première de 2.500 éléments par mm3 à 4.500, la deuxième de 4.500 à 6.000 éléments par mm3 et la troisième de 6.000 à plus de 12.000 éléments par mm3 ; la fonction du taux des polynucléaires neutrophiles en pour cent présente deux portions linéaires à pente différente : la première de 30 % à 60 % et la deuxième de 60 % à plus de 75 %.

L'avantage d'un tel tableau réside dans le fait que nous ayons une limite commune sur le même graphique pour les quatre variables commandant l'aptitude, l'inaptitude et la mise en observation des sujets surveillés.

../..

FEUILLE DE SURVEILLANCE HEMATOLOGIQUE

GR millions	Hb %	1960	1961	1962	1963	1964	1965		GB	N %
								INAPTES		
6	120								12.000	75
								EN OBSERVATION		
5,5	110								10.000	70
5	100								8.000	65
4,5	90								6.000	60
4	80								4.500	50
								EN OBSERVATION		
3,5	70								3.500	40
								INAPTES		
3	60								2.500	30

A propos de ces examens sanguins nous pouvons formuler diverses remarques parmi lesquelles celles-ci :

1. sur une statistique faite à propos d'un certain nombre de sujets non exposés aux radiations et apparemment en bonne santé, la moyenne générale du nombre des leucocytes s'est révélée être légèrement inférieure au nombre que l'on admet normalement ; c'est ainsi que les manuels classiques admettent généralement comme normaux un nombre de 7.000 éléments, tandis que les investigations de M. DESBROSSES amènent à un chiffre de 5.200 éléments par mm3 avec un écart type de 1.200.

2. Chaque fois que nous trouvons un chiffre globulaire relativement bas, il nous faut, avant de rattacher ce chiffre à une influence des radiations ionisantes, éliminer soigneusement toute maladie leucopéniante banale, comme c'est le cas des nombreuses maladies virales actuelles.

Un sujet ne pourra être déclaré inapte après un seul examen hématologique. Il ne faut pas perdre de vue que le fait de déclarer un sujet inapte pour le travail qu'il effectuait, risque d'entraîner pour lui des conséquences graves sur le plan professionnel et social. Des valeurs hématologiques anormales commandent de renouveler l'examen au bout de quinze jours. Il faut, en outre, tenir compte des erreurs de laboratoire possibles. Seuls devront être retenus les résultats confirmés par des examens successifs répétés.

../..

De même chez les sujets mis en observation, les examens hématologiques devront être renouvelés à plusieurs reprises, à dix ou quinze jours d'intervalle, avant de prendre une décision d'aptitude ou d'éviction.

Toute forme cellulaire anormale doit déclencher un examen hématologique spécial.

Une grande attention doit être apportée aux variations constatées entre l'examen d'embauche et les examens ultérieurs, ou encore entre les examens périodiques successifs. Une chute progressive du taux des globules aura plus de signification par exemple que la constatation d'un taux anormalement bas, mais ne variant pas dans le temps.

D'une manière générale, l'examen de sang ne prend toute sa valeur que s'il est confronté avec l'examen clinique général.

../..

VII. RESULTATS ENREGISTRES AU COURS DE LA SURVEILLANCE DU PERSONNEL EXPOSE

Il nous faut tout d'abord constater que bien peu d'enquêtes ont été jusqu'ici consacrées aux risques professionnels liés aux utilisations médicales des radiations.

A l'occasion des "Journées d'études et d'information consacrées à la médecine préventive du personnel des Hôpitaux" (Strasbourg, 1963) RUOF a présenté le résultat de ses investigations portant sur le personnel hospitalier Sarrois. En voici l'essentiel :

- le nombre total de personnes professionnellement exposées aux radiations ionisantes s'élève en Sarre à 709 pour une population totale de 1.027.600 habitants,
- 7 cas de maladies causées par les radiations ionisantes ont été reconnus comme maladie professionnelle. Mais ces 7 personnes occupaient leur poste au moins depuis 1925, ce qui revient à dire qu'elles avaient travaillé dans des conditions de protection nettement insuffisantes,
- depuis les récentes mesures, et surtout depuis le premier arrêté sur la protection contre les radiations ionisantes en République Fédérale Allemande, les dépassements de doses ne furent relevées que très exceptionnellement.

Une autre enquête de KARAJOVIC et KILIBARDA, en Yougoslavie, nous apporte les données suivantes :

../..

- 332 personnes exposées aux radiations ionisantes depuis quelque dix années ont fait l'objet d'examens systématiques. (291 étaient affectées à des appareils de rayons X et 41 au radium). Les auteurs relevèrent les altérations pathologiques suivantes :

- des symptomes subjectifs caractéristiques, constitués par des céphalées, de l'asthénie, des insomnies, des paresthésies, des troubles dyspeptiques,

- aucun cas d'hémopathie aiguë,

- chez 32 personnes (soit 11 %) fut diagnostiquée une dermatite professionnelle aux rayons X, ainsi que chez 7 personnes (soit 17 %) affectées à la manipulation du radium. Certaines dermatites se révélèrent légèrement ulcérées ; un cas de transformation maligne fut noté.

- des conjonctivites, dont trois cas furent reconnus comme d'étiologie professionnelle.

- les altérations sanguines suivantes : leucopénie (10 %), lymphocytose (10 à 20 %), neutropénie (inférieure à 9 %), altérations morphologiques des leucocytes (20%).

Ce nombre important d'altérations pathologiques fut reconnu imputable à un appareillage suranné et à la non-observation des mesures de protection.

BOURRET, LEJEUNE et DETRY, dans une étude sur la morbidité générale des sujets exposés aux radiations, notent les points suivants : mises à part certaines manifestations, liées au caractère du travail effectué, les différentes manifestations morbides semblent se présenter avec

../..

une fréquence sensiblement comparable chez les radiologistes et chez les sujets non exposés aux radiations, et cette pathologie dans son ensemble ne peut, en aucun cas, être rapportée de façon spécifique au risque d'irradiation.

Pour apprécier avec quelque précision l'importance de l'irradiation à laquelle est soumis le personnel hospitalier spécialisé, nous avons fait un relevé des fiches individuelles de contrôle dosimétrique établies par les soins du Service de Médecine Préventive du personnel des Hospices Civils de Strasbourg.

Dans le service radiologique d'une clinique médicale huit personnes sont surveillées. En 1961, la moyenne générale de la dose d'irradiation est de 830 mr par personne. Aucune d'entre elles n'a atteint la dose maximale admissible. La personne la plus exposée arrive à un total de 1,275 r. par an. En 1962, la moyenne générale pour ces huit personnes s'est encore abaissée : 0,730 roentgen par an et par personne. En 1963, pour les six premiers mois de l'année, la moyenne générale totale est restée en-dessous de 0,300 r/ 6 mois. La dose mensuelle n'a en aucun cas dépassé 50 mr.

Dans une autre clinique chirurgicale, nous retrouvons sensiblement les mêmes chiffres : en 1962, sur huit personnes exposées et surveillées la moyenne générale de la dose annuelle s'élève à 0,780 r. En 1963, pour 12 personnes, la moyenne totale est de 0,340 r. en 6 mois. Ces doses sont donc nettement inférieures aux doses maxima admissibles.

../..

Chez toutes ces personnes, il n'y a pas eu d'arrêt de travail pour altérations hématologiques et les résultats des examens hématologiques ont incité le médecin du travail à confirmer leur aptitude aux travaux exposant aux radiations.

Ces constatations rassurantes ne doivent cependant pas induire un relâchement des mesures de prévention et de surveillance ; une défaillance de la résistance individuelle peut survenir, de même qu'une défection accidentelle des dispositifs de protection technique.

CHAPITRE V

REPARATION MEDICO-LEGALE DU DOMMAGE IMPUTABLE A L'ACTION DES RADIATIONS IONISANTES

Nous nous bornerons à envisager ici les modalités de la réparation médico-légale du dommage dans deux hypothèses :

1. la victime bénéficie du régime général de la Sécurité Sociale,
2. la victime jouit d'un régime particulier dérivant du Statut de la Fonction Publique : statut général du personnel hospitalier, statut des collectivités locales, etc.

Dans la première catégorie se classent notamment le personnel des établissements de diagnostic, de soins et de cures privés, les auxiliaires des médecins exerçant en clientèle privée, ainsi que le personnel hospitalier non titularisé des établissements publics.

Dans la seconde catégorie, nous trouvons principalement les agents titulaires des établissements hospitaliers publics visés par l'art. L 792 du Code de la Santé Publique.

../..

1. Réparation médico-légale dans le cadre du régime général de Sécurité Sociale

Nous rappellerons brièvement que les modalités de la réparation des maladies professionnelles sont prévues par les articles 495 et 496 du Code de la Sécurité Sociale.

Il s'agit, comme dans le cas des Accidents du Travail, d'une réparation forfaitaire.

Pour qu'une affection soit indemnisable en tant que maladie professionnelle, trois conditions doivent être remplies, qui sont nécessaires et suffisantes :

a) que la maladie fasse l'objet d'un tableau de réparation annexé au règlement d'administration publique du 31.12.46 ; ces tableaux énumèrent limitativement pour chaque maladie professionnelle les affections ou syndromes indemnisables,

b) que la victime ait été occupée de façon habituelle à l'un des travaux exposant au risque envisagé ; le tableau, dans le cas des radiations ionisantes, comporte une liste indicative des principaux travaux exposant à l'action des radiations ionisantes ;

c) que la maladie ne soit pas apparue après expiration du "délai de prise en charge" que le tableau fixe pour chaque affection ou syndrome ; on sait que le délai court à compter de la cessation de l'exposition professionnelle au risque.

../..

Compte tenu de ces dispositions, la victime, respectivement ses ayants-droits, ne bénéficient certes que d'une indemnité forfaitaire, mais ils sont dans une très large mesure déchargés du "fardeau de la preuve" de l'imputabilité du dommage.

On trouvera ci-après (page 77) le tableau Nº 6 annexé au décret du 31.12.46 visant la réparation des "affections provoquées par les rayons X ou les substances radioactives naturelles ou artificielles ou toute autre source d'émission corpusculaire".

Ce tableau a fait l'objet du décret du 9.12.50, mais il a été modifié par deux décrets ultérieurs en date des 1.10.60 et 10.4.63.

../..

Affections provoquées par les rayons X ou les substances radioactives naturelles ou artificielles ou de toute autre source d'émission corpusculaire

Affections engendrées par les rayons X ou les substances radioactives naturelles ou artificielles ou toute autre source d'émission corpusculaire	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces affections (Décret du 13 Sept.1955)
Anémie progressive grave du type hypoplasique ou aplasique..	3 ans	Tous travaux exposant à l'action des rayons X ou des substances radioactives naturelles ou artificielles, ou à toute autre source d'émission corpusculaire, notamment :
Anémie progressive légère du type hypoplasique ou aplasique	1 an	
Leucopénie avec neutropénie ...	1 an	
Leucoses	10 ans	Extraction et traitement des minerais radioactifs.
Etats leucémoïdes	3 ans	
Syndrome hémorragique	1 an	Préparation des substances radioactives.
Blépharite ou conjonctivite ...	7 jours	
Kérative	1 an	Prép. de produits chimiques et pharmaceutiques radioactifs.
Cataracte	5 ans	
Radiodermites aiguës	60 jours	Prép. et application de produits luminescents radifères.
Radiodermites chroniques	10 ans	
Radiodermite aiguë des muqueuses	60 jours	Recherches ou mesures sur les substances radioactives et les rayons X dans les laboratoires.
Radio-lésions chroniques des muqueuses	5 ans	Fabrication d'appareils pour radium-thérapie et d'appareils à rayons X.
Radionécrose osseuse	5 ans	
Sarcome osseux	15 ans	
Cancer broncho-pulmonaire par inhalation	10 ans	Travaux exposant les travailleurs au rayonnement dans les hôpitaux, les sanatoriums, les cliniques, les dispensaires, les cabinets médicaux, les cabinets dentaires et radiologiques, dans les maisons de santé et les centres anticancéreux.
		Travaux dans toutes les industries ou commerce utilisant les rayons X, les substances radioactives, les substances ou dispositifs émettant les rayonnements indiqués ci-dessus.

2. Personnel bénéficiaire du Statut Général du Personnel hospitalier ou d'un statut similaire

Nous choisirons, à titre d'exemple, la situation des agents permanents, c'est-à-dire titularisés, des établissements visés par l'art. 792 du Code de la Santé Publique.

Ces salariés, en application de l'article 5 de la loi du 30 Octobre 1946, sont exclus du champ d'application de cette dernière.

Victime d'une affection maladie professionnelle, l'agent d'un établissement hospitalier public bénéficie :
- de la gratuité des soins,
- de la conservation intégrale de son salaire jusqu'à guérison ou consolidation, dans les limites fixées par le statut,
- éventuellement d'une rente viagère proportionnelle au taux d'invalidité.

Mais la procédure est ici très différente de celle qui est suivie dans le cadre du régime général de la Sécurité Sociale.

Il appartient à la victime d'apporter la preuve médico-légale de l'imputabilité au travail de sa maladie devant la Commission Départementale de Réforme, qui siège auprès de chaque Préfecture. Si la Commission n'est pas liée par les dispositions du "tableau Nº 6", il est probable que sa décision s'en inspirera. Toutefois, il

../..

n'est pas impossible qu'elle prenne par exemple en considération la durée effective de l'exposition au risque, critère que le rédacteur du tableau n'a pas explicitement prévu.

Ainsi, l'agent bénéficiaire du Statut, s'il est, à un moindre degré que l'assuré de la Sécurité Sociale, déchargé du fardeau de la preuve, jouit par ailleurs d'une plus grande liberté dans la procédure d'indemnisation : la liste limitative des syndromes indemnisables et le délai de prise en charge ne lui sont pas, a priori, opposables.

../..

CONCLUSIONS

Au cours des dernières années, les radiations ionisantes ont pris une importance sans cesse croissante dans le domaine médical. Le personnel exposé aux radiations représente environ 4 pour cent du personnel hospitalier.

Actuellement, nous connaissons mieux les désordres pathologiques qu'elles sont susceptibles de provoquer, les mesures de prévention sont codifiées.

Nous avons rappelé les risques encourus tels qu'ils furent observés de façon non exceptionnelle lors des premières utilisations des radiations ; nous nous sommes attardés plus longtemps au risque génétique qui, aujourd'hui encore, mérite d'être pris en considération.

Nous avons consacré un chapitre à la prévention des affections dues aux radiations ionisantes, dont nous avons rappelé les bases règlementaires. Elle doit être envisagée sous deux aspects :

- l'aspect technique, qui consiste à éliminer le rayonnement dangereux pour le personnel au moyen de mesures de protection collectives et individuelles, qui sont complétées obligatoirement par l'éducation du personnel. Quelques exemples illustrent ces différents aspects.

  Les doses d'irradiation du personnel doivent être contrôlées d'une façon régulière, chaque mois, au moyen d'intégrateurs, tels que les dosi-films qui sont portés en permanence pendant la durée du travail par chaque personne exposée.
- l'aspect médical de la prévention comporte les examens

../..

d'embauche et la surveillance périodique du personnel sous forme d'examens cliniques trimestriels et d'examens hématologiques semestriels.

Les normes d'aptitude actuellement applicables sont celles fixées par la Recommandation Officielle de 1957.

Il est nécessaire d'insister sur cette évidence que la répétition des contrôles hématologiques n'a d'autre but que de déceler les modifications éventuelles de la formule sanguine, caractéristiques d'une radio-lésion des organes hématopoiétiques.

Aussi,quoique indispensables, ces contrôles biologiques n'ont cependant qu'une importance secondaire comparativement à la réalisation préliminaire des moyens de protection et à la répétition des contrôles physiques et de leur efficacité.

En analysant, ces trois dernières années, les fiches de dosimétrie des personnes exposées dans deux cliniques des Hospices Civils de Strasbourg, nous n'avons pu observer aucun dépassement de la dose maximum admissible par année, laquelle est fixée à 5 rem, et même la moyenne générale des personnes exposées n'atteint pas le cinquième de cette dose admissible. Au cours des six premiers mois de cette année, la dose reçue par personne et par mois s'est révélée être inférieure à 50 mr.

Nous avons consacré un chapitre de cet exposé aux modalités de la réparation du dommage.

Cette réparation forfaitaire dans le régime général de la Sécurité Sociale est conçue de façon très différente pour les Agents permanents des Etablissements hospitaliers publics. Ces derniers, auxquels ne s'appliquent pas la

loi du 30 Octobre 1946, ni les textes subséquents, ne sont pas déchargés du fardeau de la preuve de l'imputabilité de la maladie au travail, mais en contrepartie, les limitations imposées par le "tableau de réparation" annexé au décret du 31 Décembre 1946 ne leur sont pas opposables.

VU

Strasbourg, le 20 Novembre 1963

Le Président de Thèse :
signé : A.J. CHAUMONT

VU

Strasbourg, le 23 Novembre 1963
P. le Doyen de la Faculté de Médecine
L'Assesseur :
signé : CALLOT

VU et PERMIS D'IMPRIMER

Strasbourg, le 22 Novembre 1963
Le Recteur de l'Académie,
Président du Conseil de l'Université
signé : J.F. ANGELLOZ

BIBLIOGRAPHIE

ABBATT J.D. LAKEY J.R.A., MATHIAS D.J.
Protection contre les radiations.
Masson et Cie Editeur, Paris 1963.

ALEXIS P.
Uber eine Strahlenschutzuberwachungsmethode.
Zentralblatt, 6,1956, Heft 10,p. 229.

ANDLAUER P.et LAMBERT G.
Protection contre les radiations ionisantes.
Bull. d'information de l'Inspection médicale n°3,1956.

ARDRAN G.M. et KEMP F.H.
Radium poisoning. Two case reports.
Brit.J.Radiology, 31, 1958, p. 605.

ARRETE INTERMINISTERIEL du 29 juin 1960.
Mesures de prophylaxie d'hygiène et de sécurité à prendre par les administrations hospitalières en vue de la protection médicale de leur personnel.
Journal Officiel, 7 juillet 1960, p. 6223-5.

BAADER E.W.
Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin.
"Schädigungen durch Strahlende Energien". p.I-108 II,2
Urban, Schwarzenberg- Berlin - Munschen - Wien. 1961.

BERNARD J.
Les radioleucoses.
L'évolution médicale, 1958, 4, p. 381.

BLAISE J.
Les problèmes posés par l'emploi des radio-isotopes en médecine.
Thèse Paris, 1954.

BLITTERSDORF A.M.
Altérations des empreintes digitales des radiologistes.
Thèse Strasbourg, 1951.

BORSANYI S.J.,BLANCHARD Cl.
Ionizing Radiation and the Ear.
J.A.M.A.,181, 1962, n°11 p. 958-961.

BOURRET J.,LEJEUNE E. et DETRY R.
Etude sur la morbidité chez les infirmiers en radiologie.
Arch.Mal.Prof., 18, 1957,n°2,p.105-115.

BOURRET J.,LEJEUNE E. et DETRY R.
La surveillance médicale des infirmières radiologistes dans les hopitaux.
Revue Lyonnaise de Médecine, 20, t.1.,30déc.1961,p.1247-50.

BOURRET J.,ROCHE L. et TOLOT F.
Les altérations sanguines chez les radiologistes.
Arch.Mal.Prof.,9, 1948,p.565.

BOUSSER M.
Les radioleucoses.
Conc.Méd., 82, 1960, n°12, p. 1501-1507.

BRUCER M.
Levels of radiation.
JAM.A., 175, 1961, n°1, p.36-39.

BRUDA B.
Ein Beitrag zur Kenntniss der Veränderungen des Blutmorphologie durch Roentgenstrahlenschädigung.
Wien.Arztl.Wschr.,6, 1951, 17.

BUGNARD L.
Les dangers des radiations ionisantes.
Hyg. et Méd.Soc.,5, 1957, p.105-163.

CAROZZI L.
Une recherche du risque professionnel des radiations ionisantes.
Folia Medica, 39, 1956, p. 937-969.

CHANIAL G. et BOURRET J.
Les dermatoses professionnelles du personnel hospitalier.
Revue Lyonnaise de Médecine, tl.,20, p. 1229-1232.

CHAUMONT A.J.
Utilité d'un adaptomètre pour la radioscopie.
Arch.Mal.Prof.,18, 1957, p.698.

CIRCULAIRE MINISTERIELLE du 3 juin 1957.
"relative aux recommandations générales visant la protection contre les radiations ionisantes."
Journal Officiel, 11 juillet 1957, p.6825-6932.

COGAN D.G.
Effet des radiations sur l'oeil.
New Engl.J.Med.,t.259,n°11,sept 1958 p.517, consulté dans le Conc.Méd., n°36, 1959, p.3759.

COHEN Y.
Le cntrôle des radio-éléments artificiels à usage médical en France.
Ann.Pharm.,4, 1959, p. 250-260.

COMMUNAUTE Européenne de l'Energie Atomique.
Normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultants des radiations ionisantes.
Législation Sociale,n°2632,26juin1962,Services Quotidiens,Paris3e.

COSTEDOAT A.
Deux documents étrangers sur les dangers des rayons ionisants.
Revue Hyg. et Méd.Soc.,5,I957, p.662.

CRUZ M. et Coll.
Post radiation bonesarcoma.
Cancer, IO, jan.feb.I957, p.72-88.

De AMICIS E.,SPALDING C.K. et COWING R.F.
Personnel hospitalier exposé aux rayons X.
J.A.M.A. I952, I49, n°IO p.934-925.

DECRET du 5 déc. I934.
Mesures particulières de protection applicables aux établissements dans lesquels sont préparés,manipulés ou employés les corps radioactifs et à ceux où sont mis en oeuvre les rayons X.
Journal Officiel du 1 janvier I935, p.28.

DELARUE J. et FRUHLING L.
Lésions provoquées par les radiations ionisantes.
Actualités Anatomo-pathologiques I960, 208p.

DESOILLE H.
Médecine du travail et maladies professionnelles.
" Rayons X et substances radioactives" p.I2I-I24.
Editions médicales Flammarion, Paris, I957, I63p.

DESOILLE H.
Le problème de l'indemnisation des dermatoses professionnelles.
Revue du Praticien, I959, 1er oct; p.270I-2708.

DESOILLE H.,LUMIERE F. et CAVIGNEAUX A.
Réparation des dermatoses professionnelles.
Symposium sur les dermatoses professionnelles,Lille IO-11juin1955
Arch.Mal.Prof., I955, p.S. 223-236.

DICKIE A. et HEMPELMANN L.H.
Les modifications morphologiques des lymphocytes des personnes exposées aux radiations ionisantes.
J.Lab.Clin.Méd., 32, I947, n°9, p.I045-59.

LE DOUARIN G.
Mécanisme de l'action biologique des radiations ionisantes et radioprotection chimique.
Conc.Méd.,83, n°5I, p.6687-94.

DOUMERT J.
Médecine Préventive du Personnel Hospitalier.
"Textes à connaitre."
Angers, oct.I962, 28p. dactylographiées, inédit.

DUFOURMENTEL Cl.
A propos des radiodermites des chirurgiens et de leurs opérés.
Mém. de l'Académie de Chir., 83, I957, p.27I-284.

DUHAMEL J.
Métrologie des radiations dans les milieux qui en utilisent.
Arch.Mal.Prof., I8, I957, p.47I.

DUNHAM Cl.
Health problems associated with the use of radio-isotopes in medecin.
A.M.A. , I956, p.45.

DUNLAP C.E.
Delayed Effects of Ionizing Radiation.
Radiology, juil.I957, p.I2-I7.

DUPERRAT B.
Traitement des radiodermites.
Conc.Méd., I957, p.4975-79.

DUPERRAT B. et ANDRADE R.
Radiodermite et Cancer.
Presse Médicale, 66, n°4, I5 janv. I958, p.59.

DUTREIX J.
Considérations pratiques sur la protection contre les radiations.
L'Evolution Médicale, 6, I962, n°3, p.209-2II.

EHLLING U. et KROKOWSKI E.
Kataraktenstrebung durch ionisierenden Strahlen.
Zentralblatt, 7, I957, p.247.

EPSTEIN E.
Dangers of radiation.
J.A.M.A., I82, n°5,I962, P.242.

EPSTEIN E.
Occupiationnal dermatoses in physicians.
J.A.M.A., 29 dec.I95I, p.I75I-54.

ERNST W.
Strahlenschutz und sonstiger Arbeitsschutz bei der medizinischen Anwendung von Roentgenstrahlen.
Thieme G. édit. Stuttgart I953, 1 vol. 97p.

FAY J.W.J.
Précautions dans la manipulation des isotopes radioactifs.
Brit.Med.Bull., 8, I952, p.246-258.

FELDMANN A.
Dose d'irradiation gonadique par les rayons X du personnel affecté à des installations de diagnostic.
Radiology, août I958, p.I97-207.

FOURCADE J. GUYENOT E. et PETTERRATI G.
La radio-protection.
Rapport de la quinzaine nucléaire de Montpellier, 24 mars-8 avril I962.

FROHMEYER G., GLOCKER R. et HOLWEG E.
Protection du chirurgien dans les opérations sous écrans radioscopiques.
Deutsche med.Wschr., 77, 4 janv.1952, n°1, p. 20-21.

FRIGERIDA G.
Mesures des radiations ionisantes et limites maxima d'irradiation tolérables pour l'homme.
Analysé dans Arch.Mal.Prof., 16, 1955, p.505.

FRITZ H., NIGGLI
Neuere Ergebnisse der Strahlengenetik.
Fortschr.ROntgenstr., 85, 1956, p.265.

GARRET R.,TAMUSZ O.,MEURK M.L.,LAUGHLIN J.S. et SCHERMAN R.S.
Technique de la mesure des doses d'irradiation au cours des examens de diagnostic.
Radiology, août 1958, p.216-221.

GENAUD P.
La protection contre les radio-éléments.
Dunod édit., 1 vol. 88p., Paris 1951.

GLAZUNOV J. et KURJEJEV A.
Les premiers symptomes d'irradiation chroniques et les méthodes de leur diagnostic.
Sovetsk. med., 4, 49, 1958.

GORUP G. (VON)
Technique de protection contre les radiations dans les instituts médicaux du radium.
Strahlenthérapie, 84, 1951, n°3, p.467-480.

GOUGEROT H.
Les radiodermites.
Journal des Praticiens' 27 sept; 1951, p.466.

GOUGEROT H. et CARTEAUD A.
Dermatoses professionnelles.
" Médecins,chirurgiens,infirmiers,vétérinaires."
Maloine édit. p. 261.

HADENGUE A. et MICHON R.
Une méthode simple pour évaluer les quantités dangereuses de RX.
Arch.Mal.Prof., 11, 1950, n°4, p. 384-388.

HAMMER G., HILLER J. et JAKOB A.
Ein Beitrag zur Begutachtung des sogenanten chronischen Strahlen-
Strahlenther., 94, 1954, p. 64. schades.

HARDING R., STEIN A. et MAURO J.
Post-irradiation changes in peripheral white blood cells observed with fluorescent microscopy .
Radiology, 77, août 1961, p.282.

HENRY H.F., RIDGE O.,BRUCHER M.
Is All Nuclear Radiation Harmful.
J.A.M.A., 176, may 1961, p. 671-675.

HERTEL G.
Versicherungmedizinische Probleme der langfristigen Strahlen-
Atompraxis,7, 1961, p.216. schädigung.

HESSE O.
Symptomatologie,Pathogenie und Therapie des Roentgenkarzinoma.
Gebiet des Roentgenstr., 17, 82, 1911.

HOWARTH F.
Isotopes et les risques de radiation.
Lancet, 10 juillet 1948, p.51-53.

HUGUENIN R.
Lésions tissulaires dues à la radioactivité et tentatives thérapeutiques.
Sem.Hop.Paris, 89, 2 déc.1950, p.4582-5.

HURIEZ C.
Symposium sur les dermatoses professionnelles.
" Conclusions générales, essai de synthèse."
Lille , 10-11 juin 1955.
Arch.Mal.Prof., 1955, p.S 256-260.

HURIEZ C.,MARCHAND M. et CHRISTIAENS L.
Intoxications et Maladies par agents physiques.
Réparation médico-légale des dermatoses professionnelles.
E.M.C., 16533 A 30, p.7-9.

INGRAM M.
Risques pathologiques chez le personnel soumis aux radiations.
Science, 111, 3 fév.1950, n° 2875, p. 103-109.

INGRAM M.,ADAMS M.,COONAN L.,JESPERSEN J.,NIELSEN G.,PIATT D. et YETTENWICH G.
Précence de lymphocytes à noyaux bilobés dans le sang du personnel affecté au cyclotron.
Science, 116, 26 déc.1952, n°3026, p.706-708.

Les ISOTOPES RADIOACTIFS
7 communications - 32e Congrès français de médecine
Lausanne , 8-10 oct. 1959.
Presse Méd., 68, n°2, 9 janv. 1960, p.41.

JAMMET H. et RODIER J.
Maladies causées par les radiations.
Vol. Intoxications-Maladies par agents physiques.
E.M.C., 16510, A 10, 16 p., janv. 1963.

JUSTIN-BESANCON L.,PEQUIGNOT H.,ETIENNE J.P. et MONSALLIER J.F.
Leucose myéloide chronique et radiodiagnostic.
Sem.Hôp., 36, sept. 1960, p. 2377-81.

KARAJOVIC D. et KILIBARDA M.
Gessundheitsschäden infolge Einwirkung ionisierenden Strahlung.
Int.Arch.für Gewerbepathol. u.Gewerbehyg.,I9,I962,n°4,p.403-411.

KLIMKOVA E.,DEUTSCHOVA et ODVARKOVA J.
Messungen electrocutaner Leitungskurven bei Werkstätigen unter Einwirkung ionisierender Strahlen.
Arch.Gewerbepath., I6, I958, p.I78.

KOERNER H.J.
Zur Strahlenschutzpraxis bei der medizinischen Radium-Application.
Zentralblatt für Arbeitsmed.u.Arbeitsschutz.,13,I962,n°8p.I87.

KOMAROVA L.A.
Bilan des réactions vasculaires de la peau par rayons UV et X.
Venerologii, 34, I960, n°8, p.5-I0.(Anal.Ann.Derm.SyPh.87,I960p650)

KRAUSE A.C. et BOND J.O.
Neutron cataracts.
Amer.J.Opht.,34,I95I,p.25.

LAFONTAINE A.
Les radiations ionisantes. Leur action sur l'organisme. Mesures d'hygiène et de protection.
Arch.Belg.Méd.Soc.,7, I958,p.349.

LARSON L.E.
Doses de radiations reçues par les patients et le personnel dans les méthodes modernes de radiodiagnostic.
Acta Radiologica I956, 5, p.680.

LAUGIER A.J.
Le risque radiologique.
Thèse Paris I962, n°664.

Mc LEAN A.S.
Evaluation des doses de radiations.
Séc. et Hyg. du Travail, 7, I957, p.I32-I4I.

LEIBETSEDER F.
Leucoses monocytaire consécutive à une intoxication chronique par les R.X. et le Radium.
Med.Klin.,47, I952, n°2, p.46-48.

LERCH P.
Protection contre les raditions des radioisotopes.
Praxis, 4I, I956, n°2 p.93I.

LETARD H.
Radiations. Action biologique des rayonnements ionisants au niveau de la molécule.
Session d'Etude E.D.F. I962.

LEUBNER H.
Panmyelopathie als Folge einer chronischen Röntgen-Radiumschädigung
Med.Klin. (Innsbruck),"35, I950,p.I076.

LEWISE E.B.
Leukemia and ionizing radiations.
Science, I25, I957, p.965.

LORENTZ W.
A propos des dangers des RX et des substances radioactives.
Deutsche Med. Wschr., 8I, I956, n°39, p.I585-90.

LOSSEN H.
Aperçu des recherches faites relatives à la lutte contre les dangers des rayons.
Zentralblatt, I953, p.97.

MAGILL R.L.
Un procédé de film pour la protection du personnel exposé aux radiations.
A.M.A., IO, I954, p.37-42.

Mc MAHON B.
X ray exposure and malignancy.
J.A.M.A., I83, I963, n°8,p.72I.

MALLET L. et MAURIN R.
Doses seuils et doses léthales des radiations ionisantes.
J.Radiol.Electrol. I948, 29, p.63-65.

MARCH H.C.
Leykemia in radiologists in a 20 years period.
Am.J.Med.Soc. I950, p.220-282.

MARCHAND M.
Hygiène et Sécurité du personnel des établissements hospitaliers.
Hyg. et Séc. du Trav., fasc.IV p.I33-I43.

MARCHAND M.,DUBRULLE P. et DUPONT M.
LES problèmes posés en médecine de travail par les isotopes radioactifs.
Arch.Mal.Prof.,I7, I956, p.25.

MAROSSELLI A.
Recommandations générales visant la protection contre les radiations ionisantes.
J.O. du 11 juin I957. (P.M.,65,sept.I957,p.I489.)

MATTHEY R.
L'action des radiations sur le patrimoine héréditaire.
Praxis, 45, I956, p.930.

MAURER H.J.
Uber die Wirkung ionisierender Strahlen.
Klin.Wschr.,32, I954, 27.

MAUREY J.
La télévision radiologique.
Arch.Mal.Prof., I7, I956, p.50I.

MAYER H.E.G.
Ionizing Rays and Cancer.
J.A.M.A., I77, sept.I96I, n°9, p.656.

MAZAURY E. et NUSSBAUM E.
Surveillance médicale du Personnel exposé aux rayonnements ionisan
Quinz.nucléaire de Montpellier, 24mars-8avril 1962.

MEHL J.
Prévention médicale des affections dues aux rayons X.
Le Médecin d'Usine 1955, 16, p.57-66.

MEHL J.
La médecine du travail des Hôpitaux.
Réunion anniversaire de la soc.de Méd.du Trav. de Lyon,5-6mai 1962
(à paraitre)

MEHL J.
Les risques professionnels du personnel hospitalier et leur réparation.
Arch.Mal.Prof.,23,1962,n°7,p.487-92.

MEYER J.
Radiodermites
Conc.Méd., 84,nov.1962, n°45, p.6006-6016.

MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE I.M.H.
Service Central de Protection contre les rayonnements ionisants.
Note d'information sur la règlementation générale des radioélémant
Rapport SCPRI n°83, 20 pages.
SCPRI B.P. n°30,Chatillon sous Bagneux(Seine)

MOSSBERG H.
Nombre de plaquettes sanguines du personnel engagé pour des travaux de radiodiagnostic.
Acta Radiol.,34,1950,n°3,p.186-192.

MUTH H.
Biophysikalische Untersuchungen bei einer fraglichen Strahlenschädigung des Menschen.
Zentralblatt für Arb.Med.u.Schutz. 1962, n°8,p.181-7.

MUTH H.
Strahlenschädigungen durch ionisierenden Strahlen.
Strahlenther.,94, 1954, p.527.

NAJEAN Y.
Sur les dangers des radiations ionisantes.
Conc.Méd.,28, 11 juil.1959, p.3277-8.

NEUKOMM S.
Action biologique des radiations ionisantes.
Praxis, 42, 1956, p.960.

PAPE R.
Effets biologiques de très petites doses de RX répétées quotidiennement pendant un an.
Strahlenther. 1951, 84, p.245-254.

PELLER S. et PICK P.
La leucémie et autres affections malignes chez les médecins.
Am.J.Med.Soc.,224, 1952, n°2, p.154-9.

PIZON P.
Risques et dangers des radiations.
Presse Méd. 63, I955, n°53, I093.
Presse Méd. 63, I955,n°57, II58-II6I.

PIZON P.
La protection en radiologie médicale.
P.M., 65, n°36, p.849.

PIZON P.
Textes fondamentaux et données numériques essentielles concernant la protection contre les radiations ionisantes.
P.M., 69, n°47, I96I, p. 2I0I-4.

POCHIN E.E.
Radiation and Leukemia
Lancet, 70I0, 4 janv.I958,p.5I.

PONS H. et GREZE-RUEFF
Le "mal des rayons" chronique.
J.Rad.Electrol.,33,I952, p.734-5.

RAJEWSKI B.
Radioaktive Isotope,ihre Verwendung in der Medizin und die dabei erforderlichen Schutzmassnahmen.
Strahlenther.,83, I950, p.625.

RADJEWSKI B.et MUTH H.
Recherches concernant le problème de l'intoxication par le radium
Strahlenther.,88, I952, p.26I-275.

RAYMOND V.
Visites systématiques et radiations.
Arch.Mal.Prof., I8, I957, p.692.

RAYMOND V.
Radioisotopes et médecine du Travail.
Arch.Mal.Prof., I7, I956,p.285.

REBOUL M.
Protection contre les radiations en milieu hospitalier.
Soc. de Méd. du Trav. de Bordeaux, séance du 26juin I956.

ROTH H.
Les intoxications professionnelles par le radium.
Deutsche Med.Wschr.,76, I95I, p.776-7.

ROUCAYROL J.C.
Radiobiologie. Effets biologiques des radiations ionisantes.
Conc.Méd.,83, I96I, p.6247-50.

SAENGER E.L.
Radiation Accidents.
Am.J.Roentgenol;,84,I960,p.7I5.

SAUVEGRAIN J. et SERRA R.
La protection du radiologiste et de son malade en radiodiagnostic
Conc.Méd.,46, I957, p.4957-4972.

SCHINZ H.R.
Rayons ionisants et hérédité.
Praxis, 24, 1958, p.572-4.

SCHNEIDER M. et LEWIN W.C.
Modifications quantitatives des leucocytes et de plaquettes chez les sujets exposés, de par leur profession, à des radiations ionisantes.
J.Lab.Clin.Med., 38, 1951, N° 6, p.947-8.

SCOTT W.G.
The clinical radiologist and the problems of radiation hazards.
J.A.M.A., 170, 1959, N° 4, p.421-8

SIMONIN C.
Précis de Médecine du Travail (2ème édit.)
"Radiations ionisantes" p.527-536.
"Hémopathies par radiations" p.649.
"Pathologie professionnelle du milieu hospitalier" p.754-60.
Librairie Maloine Paris 1956,1406 p.

STOLL B.A.
Radiations sickness and analysis of over 1000 controlled dung trials.
Brit.Med.J., 5303, 1962, p.507-510.

STONE R.
Radiologists and protection from radiations.
Radiology, 69, 1957, N° 1, p.114-6.

SWYNGEDAUW J. et BONTE G.
La danger des rayons X pour les oliniciens.
Lille Chir., 5, 1950, p.294-6.

TAPPAINER J.
Lésions radiologiques de la peau
Ann.Derm.Syphil., 88, 1961, N° 1, p.83

TERRY L.L. et CHADWICK D.R.
Current concepts in radiation protection.
J.A.M.A., 180, 1962, N° 12, p.995-9.

TOURAINE A.
Les cancers professionnels de la peau.
Revue du Praticien, 1959, p.2659-60.

TUBIANA M.
Les radioleucoses chez l'homme.
Le Sang, 9, 1958, p.729.

TUBIANA M.
Les isotopes radioactifs en médecine et en biologie.
Masson, édit. 1950, p.392.

TUBIANA M.
La prophylaxie des accidents causés par les radiations.
Rev.Franç.Et.Clin.Biol., 1, 1956, p.739-781

TURNER M.
The white cell count and exposure to radiation hazards.
Brit. J. Indust.Med., 13, 1956, p.277.

VALENTINE W.N. et PEARCE M.L.
Etude de la sensibilité de la moelle osseuse aux radiations.
Blood, 7, 1952, N° 1, p.1-19.

WALISCHEWSKI L.
Das Roentgenkarzinoma als Berufskrankheit
Diss.Heidelberg 1932

VERAIN A.
Des unités de mesure en radiologie.
Conc.Méd., 82, 1960, N° 17 p.2201-6.

VERAIN A.
La protection en radiologie médicale et médecine nucléaire.
Conc.Méd., 82, 1960, N° 49, p.5713-20.

WILLIAMS K. et TAYLOR R.M.
Isotopes radioactifs. Production, application, mesures de prévention dans leur emploi.
Congrès méd.du Trav. Sept. 1954, Naples.

ZOBEL H.
Beitrag zum berufsbedingten metastasierenden Roentgenkarzinoma
Arch.Gewerbepath., 15, 1957, p.391.

ZOGRAPHOV D.G.
Die Strahlenschädigung der Blutbildung beim medizinischen Personal in Bulgarien.
Deutsche Gesund.Wes., 16, 1961, p.1068.

TABLE DES MATIERES

Pages

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I - GENERALITES 3

1. Les radiations ionisantes - Définition 3
   Les radiations électromagnétiques 3
   Les radiations corpusculaires 5
2. Propriétés physiques 7
3. Rappel de physico-chimie biologique 8
4. Unités de mesure en radiologie..... 11

CHAPITRE II - LES RISQUES PROFESSIONNELS DU PERSONNEL 14

1. Personnel exposé 14
2. Effet des radiations ionisantes sur les différents tissus 16
   a) peau et annexes 16
   b) sang et organes hématopoiétiques 18
   c) gonades 19
3. Historique 21
4. Les radiodermites professionnelles 22
5. Les altérations sanguines 24
6. Les radio-leucoses 26
   - les radio-leucoses diffèrent-elles des leucémies spontanées 27
7. Cancérisation 28
8. Effets génétiques 29

CHAPITRE III - MESURES DE PREVENTION 32

1. Aspects règlementaires de la Protection contre les rayons ionisants 32
2. Normes de sécurité 34
   a) rappel historique 34
   b) dose maximum admissible 35
   c) irradiations occasionnelles 36
   d) irradiations partielles 37

../..

Pages

3. Prévention technique 38

A. Risque d'irradiation 38

1. Mesures collectives 38

a) généralités 38
b) locaux professionnels 39
c) appareillage radiologique 39
d) mesures de protection contre les irradiations externes par les corps radioactifs 40

2. Moyens individuels de protection 43

a) tabliers plombés 43
b) gants plombés 44

3. Risques propres à certaines techniques radiologiques 44

a) radiologie thoracique 44
b) examens digestifs 45
c) cathéterismes cardiaques 45
d) angiographie 45
e) tomographie 46
f) examen radiologique en pédiatrie 46
- observation 46
g) radio-télévision per-opératoire 47

B. Risques de contamination 48
- prévention technique des contaminations 49

4. Education du Personnel 50

A. Risque d'irradiation 50

B. Risque de contamination 53

5. Contrôle de l'irradiation 55

A. Contrôle des installations 55

B. Contrôle individuel 56

1. Dosimètres 56

2. Films 57

6. Surveillance médicale du personnel 59

A. examen d'embauche 59

B. examen périodique 60

../..

Pages

1. examen clinique général trimestriel 60

2. examen hématologique classique 64

3. interprétation des critères hématologiques 64
- normes hématologiques de la Recommandation de 1957 65
- utilisation d'un graphique de surveillance hématologique 67

7. Résultats enregistrés au cours de la surveillance du personnel exposé 70

CHAPITRE IV - REPARATION MEDICO-LEGALE 74

1. Réparation dans le cadre du régime général de la SECURITE SOCIALE 75

2. Bénéficiaires du Statut Général du Personnel hospitalier ou d'un statut similaire 78

CONCLUSIONS 80

BIBLIOGRAPHIE ..... I - XII